

樹木發生環根的影響因素及減緩方法

章錦瑜*

(收件日期：96年11月16日；接受日期：97年1月15日)

摘要

環根係指其根系圍繞著莖幹、而非幅射向外生長，當兩者隨時間加粗，環根會勒纏莖幹。本文乃探討那些樹種、以及那類環境與栽培技術容易形成環根。都市地區一些限制根系生長的空間，無論是街道、停車場、中央分隔島或廣場，所出現的建築物基礎、路緣石、擋土牆、植栽槽、鋪面、植穴等，這類硬體會對根系造成限制，使根系無法充分完全的伸展，而容易形成環根；另外硬實的土壤以及不適當的栽培技術亦會促進環根的形成。另外針對發生環根的影響因素，從樹種的選擇、栽植技術以及維護管理方式等提出減緩環根形成及危害的方法。

關鍵字：環根、影響因素、減緩

* 東海大學景觀學系副教授

Associate Professor, Department of Landscape Architecture, Tunghai University.

Factors affecting girdling roots and preventing methods

Chang Chin Yu*

(Date Received: November 16, 2007; Date Accepted: January 15, 2008)

Abstract

A girdling roots (SGRs) grow around the base of the trunk rather than growing away from it. As both root and trunk increase in size, the root chokes the trunk. This paper was undertaken how and why do girdling roots form? which species are most likely to form and be injured by girdling roots? Trees growing in urban spaces such as streets, parking lots, commercial and other areas usually do not have enough space for their roots. Building foundations, curbs, retaining walls, containers and paving can all restrict the full growth of a tree's roots. Trees growing in such spaces are more subject to girdling roots. Compacted soil and improper planting techniques also encourage the development of girdling roots. At last, we talk about the preventing methods of SGRs.

Keywords: girdling roots, factors, prevention

壹、緒論

環根(Stem girdling roots, Root-girdling roots, Girdling roots)之英名簡稱SGRs，環根不同於樹木正常的根系生長方式，其根系乃環繞著莖幹、或根系與莖幹呈切線方向生長。而樹木正常的根系生長方式，其第1側生根（多5~7條）自根頂（根與莖相接處）乃呈輻射狀向外的方式生長。環根亦可說是一種自然現象，盆栽植物最常見，當其根系伸展至盆壁後，就會環繞著盆壁生長，這就是最常見的環根。將此盆栽苗移出定植時，若未將這些已成形的環根切斷，日後這些圍繞著莖幹生長的環根將逐漸粗大，最後會緊貼樹幹，造成環根與莖幹彼此壓迫。因為相接處之莖幹無法擴大，日後易因強風而於莖幹壓縮處折幹倒伏(Johnson, Hermann, Holman, & Mueller, 1999)。環根壓迫莖幹內部組織，導致樹勢衰弱，乃因莖組織間的傳導作用，無論是向上、向下、側向以及輻射向外的水份與養份輸送作用都被抑制而降低、甚至阻斷，進而影響其地上部的莖葉、以及地下部根系的發育(Hudler & Beale, 1981)。因此發生環根的植物將日漸衰弱，最後可能活不下去而死亡(Johnson & Hauer, 2000)。因此環根亦屬於一種自我勒死(self-strangulation)現象，有別於植物纏勒作用。

環根乃發生於地表之土壤淺層、根與莖相接處，若喬木根部被較多之土壤掩埋，環根即使形成，亦不容易由外表觀察得到。但形成環根之植株外觀會出現一些徵兆，包括葉片變色、如自葉尖或葉緣發生枯焦斑塊，葉片變小或落葉等；枝條稀疏且缺乏生氣，枝葉枯萎、尤其是上層樹冠枯萎，植物體一側的枝葉生長不良或枯乾；至於樹幹常出現的徵兆包括腫脹、分泌樹液，樹皮出現枯死斑塊，樹幹胸徑加粗之速度變慢等。但很多其他原因，如土壤過濕、過乾或累積過多鹽分，乾燥焚風或鹽霧風襲，低溫造成形成層死亡，不當施用殺草劑，植株遭細菌感染，以及任何造成根系生長不佳之原因，都可能引起前述之病徵。另外發生環根的徵兆是樹幹基部顯得較平直或細縮，至於一般正常樹幹的幹基多會擴張，尤其是落葉樹的幹基較常呈擴張狀（見圖1）。但種植時若填土太多，幹基真實狀況被土壤掩埋，是否平直或擴展就不明顯了。環根還會造成根系以及樹勢生長衰退，根系穩固樹木之支撐性變差，樹幹可能向一側傾倒；但強風、高地下水位以及不當的切根等原因，也會引起這些現象。但暴風驟雨後導致樹木突然傾倒，確實特別令人憂慮；而斷裂點就是環根造成樹幹細縮部位，通常位於地表下數公分而已。此種莖幹緊縮現象，於嫁接不良、或該部位被繩索勒住纏繞時亦會發生(Tate, 1980 & 1981; d'Ambrosio, 1990; Johnson & Hauer, 2000)。Johnson (1999)研究發現環根形成後，其植株出現明顯的地上部徵兆，常需要數年甚至12~20年之久；而環根導致植株死亡，更非立即會發生的事，直至莖幹被勒纏細縮，才會於強風時忽然折斷而提早死亡。d'Ambrosio (1990)發現當樹木幹基被環根限制時，可能造成樹幹其他部位膨脹之現象。另外如種子產量大增、以及板根缺乏光澤等都可能是環根形成之特徵。

都市樹木之生育環境多不佳，生長又常受到許多的限制；於受限的環境下較易形成

環根，對都市喬木而言，又造成另一類型的生長壓力。環根會降低喬木之壽命，對都市綠化之經濟效益常造成嚴重損失，例如美國明尼蘇達州於1998年，因環根必須移植並重新種植樹木，當年共花費了一千二百五十萬美元(Johnson & Johnson, 2001)。

目前台灣尚未出現任何有關環根方面的研究，僅國外有研究報告發表，但數量並不多，乃因調查環根的工作不易施行，限制頗多；另外一原因乃當樹木發生問題，如生長不良時，較少想到原因是根部出現問題所造成的，因而常忽略根部檢查。國外早在1937年由Van Wormer提出關於環根方面的研究(Van Wormer, 1937)，1940年又發表另一篇相關研究報告，調查發現許多樹木在乾旱季節過後，樹勢衰退，推測可能是因為環根卡住了樹木莖幹，以致生長不良所造成(Van Wormer, 1940)。Tate (1980)最早針對環根發生的頻率以及對樹木造成的衝擊進行調查研究，並得到了量化數據。在這二位學者發表論文之年代期間，又出現一些關於環根之病理學報告、探討環根發生的原因、環根對樹木健康的衝擊、樹木發生環根之徵兆、以及樹木發生環根後的處理等之研究報告(Pirone, 1941; Marshall, 1942; Hallar, 1959; Tattar, 1978)。根據作者以往數年對根害的調查，發現台灣栽植於都市的行道樹，尤其是淺根性以及容易發生地表氣生根的喬木，例如黑板樹、榕樹、垂榕、刺桐與菩提樹等觀賞喬木，因為栽植於人行道之狹窄的植栽穴中，形成環根現象頗多（見圖2~4），因此為深入探討環根問題，首先針對相關的研究報告進行論述性初探。因台灣目前尚無環根方面之相關文獻，本文主要乃搜集國外文獻中關於影響環根形成的因素，例如那些樹種特別容易形成環根，那類環境較易促發環根，以及栽植技術如何影響環根之形成等，為本篇專題論述主要探討之目的與內容。



圖1. 此銀杏幹基呈擴張狀，表示無環根形成



圖2. 刺桐於植穴內形成粗大環根



圖3. 黑板樹幹基形成環根



圖4. 台中市合作街菩提樹形成的環根將植槽突高

貳、影響環根發生的因素

一、樹種

早在1937年Van Worman就發現經過移植的槭樹科樹木，特別是挪威楓(Norway maple)容易發生環根。之後陸續出現有關樹種容易產生環根之研究報告，至今已漸漸形成共識，不論環境以及栽植方式等之差異，確實有某些樹種特別容易形成環根。Pirone (1941)指出糖楓(sugar maple)、橡樹(oaks)、榆樹(elms)以及松樹(pines)較容易發生環根。d'Ambrosio (1990)於1983年針對美國紐約市832株行道樹展開調查，包括690株挪威楓與142株糖楓，樹齡約30年，其中52% (432株)出現環根徵兆，因而認為有些樹木如挪威楓，似乎特別容易發生環根。Watson、Clark和Johnson (1990)發表關於不同樹木環根發生之頻率，發現環根常見於槭樹科(Aceraceae)楓樹屬(Acer)楓樹類(maples)的樹木，如紅楓(red maple)、銀楓(silver maple)、糖楓、以及挪威楓的環根發生比例偏高，另外還有青櫟(green ash，木犀科，*Fraxinus pennsylvanica*)與美國皂莢(honeylocust，蘇木科，*Gleditsia triacanthos*)；但littleleaf linden(椴樹科*Tilia cordata*)發生環根的機率不高。Johnson與Johnson (1997)隨機抽樣調查100株、胸徑8~23公分的糖楓，41%的莖幹基部被環根纏勒。Hauer與Johnson (1997)這2位主要從事樹木維護管理的工作者，大量調查樹木的環根現象，地點遍及美國與加拿大，發現56種樹木出現環根，較常見於挪威楓、紅楓、銀楓、糖楓以及littleleaf lindens。1998年密西根州立大學實驗站亦發現槭樹科植物容易因環根而致命(Michigan State University, 1998)。Johnson (1999)經過5年的研究，發現生長勢弱的糖楓，超過80%都是因環根所導致。美國Parks & Recreation Urban Forestry Services (2001)以及Klawn (2002)亦發現紅楓、糖楓、挪威楓、青櫟、美國皂莢以及Littleleaf linden較容易

形成環根。Kerkhoff (2004)發現松樹、楓樹類（如銀楓）、以及洋玉蘭這些樹種特別容易形成環根。至於樹齡以及植株大小與環根發生之關係，發現於苗圃期間的小苗木就可能發生環根，只是當根系尚細，即使產生環根也較具彈性，造成之纏勒作用多不致強烈；但當樹齡越大，環根形成粗大後，漸失彈性，纏勒作用強烈而明顯。根據以上研究結果，以及Tate (1980)、Johnson與Borst (1999)等所發表的調查報告，整合所有關於容易形成環根之樹種列表如下，見表1。

表1. 容易形成環根之樹種

學名	中名	科名	英名
<i>Acer platanoides</i>	挪威楓	槭樹科	Norway Maple
<i>Acer rubrum</i>	紅楓	槭樹科	Red Maple
<i>Acer saccharinum</i>	銀楓	槭樹科	Silver Maple
<i>Acer saccharum</i>	糖楓	槭樹科	Sugar Maple
<i>Aleurites moluccana</i>	石栗	大戟科	Kukui
<i>Araucaria heterophylla</i>	南洋杉	南洋杉科	Norfolk Island Pine
<i>Celtis laevigata</i>	糖漿朴	榆科	Sugarberry
<i>Celtis occidentalis</i>	美洲朴樹	榆科	Hackberry
<i>Cornus sp.</i>	水木	山茱萸科	Dogwood
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	蘇俄橄欖	胡頹子科	Russian Olive
<i>Erythrina sp.</i>	刺桐	蝶形花科	Coral Tree
<i>Eucalyptus sp.</i>	尤加利、桉樹屬	桃金娘科	Eucalyptus
<i>Ficus sp.</i>	榕屬	桑科	Ficus
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	青梣	木犀科	Green Ash
<i>Fraxinus uhdei</i>	墨梣	木犀科	Shamel Ash
<i>Fraxinus velutina</i>	美梣	木犀科	Arizona Ash
<i>Ginkgo biloba</i>	銀杏	銀杏科	Ginkgo
<i>Gleditsia triacanthos</i>	美國皂莢	蘇木科	Honeylocust
<i>Ilex sp.</i>	冬青	冬青科	Holly
<i>Juniperus sp.</i>	柏樹	柏科	Juniper
<i>Laburnum × watereri</i>	金鑷樹	蝶形花科	Goldenchain Tree
<i>Liquidambar styraciflua</i>	甜楓	金縷梅科	Sweetgum
<i>Malus sp.</i>	海棠屬	薔薇科	Crabapple
<i>Morus alba</i>	桑樹	桑科	Fruitless Mulberry
<i>Nyssa sylvatica</i>	美國紫樹	珙桐科	Black Gum Tupelo
<i>Picea abies</i>	歐洲雲杉	松科	Norway Spruce
<i>Picea sp.</i>	雲杉屬	松科	Spruce
<i>Pinus canariensis</i>	銀松	松科	Canary Island Pine
<i>Pinus halepensis</i>	阿列波松	松科	Aleppo Pine
<i>Pinus nigra</i>	奧地利松	松科	Austrian Pine
<i>Pinus pinea</i>	笠松	松科	Stone Pine
<i>Pinus ponderosa</i>	龐得羅沙松	松科	Ponderosa Pine

表1. 容易形成環根之樹種 (續)

學名	中名	科名	英名
<i>Pinus radiata</i>	放射松	松科	Monterey Pine
<i>Pinus strobus</i>	白松	松科	White Pine
<i>Pinus sylvestris</i>	蘇格蘭松	松科	Scotch Pine
<i>Populus sp.</i>	楊樹	楊柳科	Poplar/Cottonwood
<i>Prosopis chilensis</i>	智利馬豆樹	含羞草科	Chilean Mesquite
<i>Prosopis sp.</i>	美墨馬豆樹	含羞草科	Mesquite
<i>Prunus sp.</i>	櫻桃	薔薇科	Cherry
<i>Pyrus calleryana</i>	大鳥梨	薔薇科	Callery Pear
<i>Pyrus calleryana Bradford</i>	角釘梨	薔薇科	Bradford Pear
<i>Quercus acutissima</i>	鋸齒櫟	殼斗科	Sawtooth Oak
<i>Quercus alba</i>	白櫟	殼斗科	White Oak
<i>Quercus macrocarpa</i>	芒刺櫟	殼斗科	Bur Oak
<i>Quercus palustris</i>	針櫟	殼斗科	Pin Oak
<i>Quercus rubra</i>	紅櫟	殼斗科	Red Oak
<i>Quercus shumardii</i>	去殼櫟	殼斗科	Shumard Oak
<i>Quercus virginiana</i>	美國櫟	殼斗科	Live Oak
<i>Schefflera sp.</i>	鵝掌藤屬	五加科	Schefflera
<i>Tilia cordata</i>	小葉椴樹	椴樹科	Littleleaf Linden
<i>Tsuga canadensis</i>	洋鐵杉	松科	Hemlock
<i>Ulmus pumila</i>	白榆	榆科	Siberian Elm
<i>Ulmus rubra</i>	紅榆	榆科	Red Elm
<i>Ulmus sp.</i>	榆樹屬	榆科	Elm
<i>Zelkova sp.</i>	欒樹屬	榆科	Zelkova

註：中名參考賴明洲(1995)台灣園林觀賞植物

二、根系周遭環境

環根最早於1937年被Van Worman提出時，就發現環根較易出現於農園、苗圃、公園以及草坪上的樹木，但自然森林中的樹木較不會形成環根，推測可能是因為自然森林中較少障礙物。Kormanik (1986)亦指出栽植於森林中的樹木，其根系不同於其他地區（如都市人造環境）者。Wilson早在1967年即研究樹木根系位於正常的土層深度，若栽植處四周具硬體等之障礙物時，根系伸長鄰近障礙物時，因生長受阻，只得被迫圍繞著障礙物四周生長，就會形成環根，但根群也可能超過土層之上、越出障礙物之外生長。因此早期美國的幾篇相關研究就發現根系伸展碰到障礙物，例如鋪面、建築物、大石頭、植穴邊框、植栽槽、建築物基礎、路緣石、擋土牆、以及中央分隔島等，或硬實的土壤時，因為無法正常地幅射向外伸長直走，不得已只好隨障礙物轉彎，而形成環根。Tate (1981)調查挪威楓，卻未發現栽植於林蔭大道者與環根的形成具統計上顯著之相關性。

d'Ambrosio (1990)發現環根易發生於公園、街道、庭院、停車場、與廣場等空間、以及苗圃中的盆栽苗與袋苗，但森林中的樹木較少發生；認為樹木栽植於都市中之受限環境，這些硬體出現於根系周遭，讓根系無法自由且充分地伸展，對根系生長造成阻礙，因而認為環根的形成常因樹木栽植於根系生長受限的空間所造成。Watson等(1990)發現當盆栽苗木移植時，自盆鉢取出的土球外多已形成了環根。Johnson與Hauer (2000)亦認同當苗木種植在盆鉢內，其根系常被強迫呈環狀生長；定植時若未處理這些已環狀生長的根系，當根系粗大後就會形成環根問題；即使種植在鐵線籃鉢內，也可能形成環根；若根系受到道路、路緣石、植穴邊框、植栽槽高壁或堅硬的土壤、大石塊等阻礙時，生長方向就會延著硬體邊緣而形成環根。盆栽苗以及植袋苗確實容易形成環根，因為盆壁對植物根系而言就是一種障礙物(Klawns, 2002)。Hauer與Johnson (1997)為植栽實務業者，也認為環根的形成與存在著限制根系生長之硬體很有關係。Johnson與Borst (1999)卻未發現林蔭大道的寬度（障礙物鄰近根系之距離）與環根形成具統計上顯著之相關性。因此樹木若必須栽植於受限環境（如植穴）時，選擇樹種就很重要了，必須捨棄那些容易發生環根的樹種(Parks & Recreation Urban Forestry Services, 2001)。

三、栽植技術

不良的栽植技術會導致環根形成，不可不慎。

(一) 植穴需夠大、但不要過深

植穴太小也是產生環根的原因之一，根系會找阻礙最少的方向生長，因此要避免環根形成，根系伸展空間需充足，意即植穴需夠大，免根系很快就長到植穴邊緣；植穴外的土壤硬實，根系無法直線向前，只得圍繞植穴生長而形成環根。另外植穴亦忌太深，或深植穴之下部雖填充疏鬆土壤也是不好的，最終樹木還是會深陷下去，環根發生不易發現(George, 2007)。

(二) 定植時覆土不要太多

苗木定植時切忌覆土過多，只要淺埋根系即可。Wilson (1967)認為有生命的活樹根一定會朝向有利環境伸展，樹木若種植太深，根系就會朝向上方地表伸展，因為近地表處環境中之水、養份與氧氣較充分，於此狀況下，有些根系可能因此而朝向莖幹生長，於是就形成了環根；而Johnson (1999)在明尼蘇達州與Miller (1999)在威斯康辛州也都觀察到此現象。d'Ambrosio (1990)發現產生環根的樹木多栽植於凸高的地形以及種植太深。但Watson等人(1990)發現根系之土壤的深度與環根形成的頻率卻不具相關性。Johnson與Johnson (1997)以及Johnson與Borst (1999)調查青櫟、楓樹與lindens，瞭解種植深度與形成環根間是否相關，研究假設為深植樹木較容易形成環根，但調查結果卻不能確定此假

設，因此植物深植會導致環根形成之機制尚不得知。Johnson (1999)認為雖然於苗木會萌發初生根系處加填過深的土壤，可能刺激2次或3次根系發生，這些2次或3次根系至終較易形成環根，但此僅止於推測，卻未見任何其他論文支持此說法。Johnson與Johnson (1997)以及Johnson與Borst (1999)調查糖楓、青櫟與lindens（胸徑約3~9英吋），發現覆土深度有少於2.5公分，至超過25公分的都有，常因整地或建設時不注意而多填了土壤。新植樹苗時常會於根系四周覆蓋裸露之地表，但覆蓋過多也會隱藏環根問題。

參、減緩環根之危害

一、選擇不易發生環根之樹種

目前許多相關研究經由實際調查結果，得知某些樹種特別容易形成環根，甚至栽植於較無障礙物的大草坪都可能形成環根。但台灣目前尚無此方面的研究，僅能參考國外已有的研究結果，易發生環根之樹種台灣亦有栽植的，如南洋杉、石栗、榔榆、櫟木、銀杏、與榕樹類，於受限環境則儘量不要栽植。樹木若必須栽植於生長受限的環境（如植穴）時，選擇種類就頗為重要，務必捨棄那些容易發生環根的樹種(Parks & Recreation Urban Forestry Services, 2001)。

二、儘量給予根系較大的生長空間

（一）遠離硬體與硬物

樹木根系會找阻礙較少的方向生長，無論是鄰近硬體、植穴限制或土壤太黏重硬實等，對根系而言，只要是障礙物都潛在著形成環根的可能。因此儘量給予樹木根系較大的生長空間，例如栽植處遠離道路與路緣石、植穴與植栽槽不可過小，以及植栽處附近的大石塊必須清除等。

（二）容器苗需隨時間換盆

植物栽植於盆鉢等之容器內很容易形成環根，尤其當盆栽內的環根，隨時間漸粗大且木質化，而莖幹也相形粗壯後，問題就更嚴重了。George (2007)認為容器苗因著容器本身的空間太狹隘，不足根系充分生長，又未及時更換大的栽培容器，以致當根系伸展至容器邊緣後，只能環繞著盆壁生長，若未及時更換大的栽培容器，環根就因應而生。因此栽植於盆鉢、植袋等容器內之容器苗，需隨時間更換較大的栽培容器。

(三) 盆袋苗移植時需去除盆袋

盆苗或袋苗於移植時，絕不可將盆鉢或隨袋一起定植，將來勢必會產生環根，而且侷限於窄小盆袋中，對植物危害很大。

(四) 植穴必須夠大

植穴必須夠大，至少比定植時之根球來得大許多，免得根系於小植穴內自纏成環根。

三、土壤要注意鬆土

根系會找阻礙最少的方向生長，土壤太黏重而硬實時，亦會導致根系直走不下去而轉彎形成環根(George, 2007)。因此中耕鬆土或改善土壤質地，例如添加質地較疏鬆的栽培介質如泥炭土、珍珠砂、蛇木碎屑或蛭石等，都可以有效地改善硬實土壤的質地，減緩環根形成。

四、覆土不要太多、根頂要出現

苗木定植時切忌覆土過多，根頂（Root collars，根與莖交會處）至地表之土層厚度不得超過20公分，有些樹種甚至覆土7~10公分即可。因為根頂會發生分根，莖幹與根之分界處常不是很明顯，不注意就會填充太多土壤、而將根部埋入太深。覆土太多，不僅根系吸收到的氧氣量會降低很多，不利於根系的生長。而且根頂或莖幹擴張處最好從土面就容易看得到，日後發生環根時可及早發現、及時處理，免問題擴大，也確實可減少未知潛藏成型的環根導致樹木忽然倒塌的危機(Wells, Karen, Judy, Donald, Smiley, & Michael, 2005)。另外購買苗木時，若見其莖幹直直入土，於土面上未見擴張部位，即表示該植物栽植太深，必須將多餘的填土去除。

五、苗木定植前妥當處理根系

George (2007)認為未受干擾、生長空間充裕的之樹林中的樹木較不會產生環根，從苗圃移植來的樹木較易產生環根，可能是因為苗圃移植時根系被不當修剪。因此苗木移植過程之修根技術頗為重要，可減緩環根之危害。當苗木自盆鉢取出後，定植前必須仔細檢測根型，良好根系可避免日後形成環根；若發現苗木之根系已扭曲形成J型根，或根系呈鉤狀、歪歪斜斜或出現環根時，未來形成環根的機會頗大，此類根系需加以修剪後再定植。一般建議的做法是將彎曲的粗根拉直，或將一些不正常的細根修剪掉，修剪時必須非常小心，不得傷害到植物體本身。

Watson等(1990)調查槭樹科的楓樹類、美國皂莢、青櫟、與littleleaf linden時，發現當盆鉢苗木移植時，自盆鉢取出的土球外都是纏繞的環根，此時多會修剪根系以促進新根發生，但定植後長出的新根系卻常朝向與莖幹衝突的方向生長。因此自盆鉢取出欲定植之苗木時，若已形成環根該妥善處理。若不處理，環根會隨時間越來越嚴重；但處理不當、如修剪不適當，會刺激2次根系的發生，不僅強勢而且會形成環根。Watson與Clark (1993)發現當挪威楓之環根被切除後，根系日後生長的方向與莖幹抵觸，又產生了新的潛在環根。

栽植裸根苗木較容易檢驗根系是否完美無問題，帶土苗則需去除些土壤來檢查根型。生長於育苗容器內的木本植物，根系會隨容器形成環狀，當定植時，必須破壞環根的構造，並將根弄鬆、拉直。若將已形成環根的苗木直接種下，未來環根勢必日益壯大而勒死植物。定植苗木前需將問題根系完全切除，但再發生的根系還可能形成環根，定植時若不懂得該如何修剪根系，則儘量將環根拉直，仿照正常根系分佈方式，幅射向外種植即可(Klawn, 2002)。

六、及早處理環根問題

及早處理環根問題，若樹木地上部枝葉已出現環根病徵時再處理，較不易恢復樹木原本的樹勢。苗木定植後4~6年，就得展開環根檢查，尤其當栽植的是容易發生環根的樹種，以瞭解是否已出現環根，任何可見之環根都必須及早切除。之後再發生環根的機率就降低許多，此時趁樹木尚年幼時修剪去除環根，對樹木本身的傷害也較小。但無論何時，一旦發現環根時，最好都儘早切除，原則是寧可少切、也不要多切，尤其不可傷害植物本身，切除環根時僅切至莖幹邊緣即可，環根並不要求徹底處理乾淨，因為殘留之環根部份，未來也多會漸漸腐爛(Tate, 1981; Watson et al., 1990; Johnson & Hauer, 2000; Karen, 2004; Wells et al., 2005)。

七、苗木特別培育

苗圃培育的苗木不同於大自然界經由種子落地長出者，未來用於景觀綠美化時常會產生一些問題，環根是其中一個導致樹木提早衰弱死亡的原因。若想解決環根問題，在苗圃培育時就需注意，以減緩未來定植後再產生問題。例如容易形成環根的樹種，可於苗圃培育期間，嫁接於不易發生環根之樹木等做法(Urban, 2006)。

八、其他

d'Ambrosio (1990)認為早日修剪莖幹下部的分枝，讓陽光能照射到幹基根部，以及讓

莖幹近根部位通風性良好，讓風能夠吹拂至地表的土壤，讓表土比較乾燥些，可以減緩環根的形成。表土若濕冷且無陽光照射時，較易形成地表根以及環根。

肆、結論

影響環根形成的因素，樹種是其中之一；根系周遭環境也頗具影響力，當根系生長碰到盆壁、道路、路緣石、植穴邊框、植栽槽高壁或堅硬的土壤、大石塊等阻礙物時，生長方向就會延著硬體邊緣而形成環根。另外定植時的樹穴與栽培容器太小、以及未及時更換大的栽培容器，因為無法提供根系充分生長的空間，均會導致根系環繞莖幹而生；因此要避免環根形成，植栽空間需充分，盆栽植物需按時更換大些尺寸的盆鉢。另外植穴需夠大、卻不要太深，免根系朝向上方、土壤環境較佳的表土伸展，因而長至莖幹處，圍繞而生將幹纏勒。至於挖深植穴，雖穴底填充疏鬆土壤，這樣做法也不是很好，最終樹木還是會深陷下去。減緩環根危害之原則如受限環境不可栽植易發生環根的樹種、儘量給予樹木根系較大的生長空間、容器苗需隨時間更換大的栽培容器；已形成環根之盆苗取出後，須將環根拉直後再定植；植穴必須夠大，至少比根球來得大，免得根系於小植穴內自纏成環根。苗木定植時覆土不要太厚，免日後發生環根時被掩覆而不容易發現，無法及早處理。植穴不需過深，可減緩環根發生。苗木定植後約5年，檢查潛在的環根有否成形，尤其當栽植的是容易發生環根的樹種。及早處理環根問題，若樹木地上部已出現徵兆時再處理，較不易恢復樹木原本的樹勢。環根切除原則是寧可少切、也不要多切，不可傷害到植物本身。

目前環根問題在台灣也處處可見，只是以往較無相關之研究，但國外早已重視此問題。經蒐集國外之相關研究，瞭解環根發生的影響因素，樹種是其中之一，但國外調查之樹種，並非台灣普遍栽植者，因此台灣亦需及早展開此方面的調查，以瞭解目前都市中栽植最普遍的樹種中有那些容易產生環根，日後若須栽植於都市狹窄的人行道植穴之高度受限環境時，就要避免栽植這類易發生環根的樹種。另外硬體以及硬實的土壤對根系而言均為障礙物，會導致環根形成，均須藉由植栽設計以及後續之維護管理工作來避免環根之危害。苗木定植時的栽植技術亦需講究，定植後數年若可能必須進行環根是否成形之檢查；若能及早處理已成形之環根，可降低日後處理的麻煩。環根會導致樹木生長衰退、壽命降低，在現今重視大樹、保存老樹的時代，環根問題需先獲得重視，才能使大樹延年益壽，也才有老樹來護衛台灣的生態，營造永續的環境。

引用文獻

1. 賴明洲，(1995)，台灣園林觀植物，台北，地景企業股份有限公司。
2. d'Ambrosio, R. P. (1990). Crown density and its correlation to girdling root syndrome. *Journal of Arboriculture*, 16, 153-157.
3. George, H. (2007). Does Your Tree Have Girdling Roots? Home Grounds Fact Sheet. Cornell Cooperative Extension.
4. Hallar, J. M. (1959). *Tree Care*. New York: Macmillan Co. 224pp.
5. Hauer, R. J., & Johnson, G. R. (1997). Survey of Practitioner Insight of Girdling Roots. Unpublished manuscript and data. University of Minnesota.
6. Hudler, G. W., & Beale, M. A. (1981). Anatomical features of girdling roots. *Journal of Arboriculture*, 7, 29-32.
7. Johnson, G. R., & Johnson, B. (1997). Sugar maple conditions related to deep planting and stem girdling roots. Unpublished manuscript and data. University of Minnesota.
8. Johnson, G. R., & Borst, J. E. (1999). The Effects of Soil Depth Over Main Order Roots on Green Ash and Lindens. Unpublished survey data. University of Minnesota.
9. Johnson, G. R., & Hauer, R. J. (2000). A Practitioner's Guide to Stem Girdling Roots of Tree. College of Natural Resources University of Minnesota. 20pp.
10. Johnson, G. R., & Johnson, B. (2001). Stopping stem-girdling root damage. *American Nurseryman*, 194(3), 32-34.
11. Johnson, G. R., Hermann, J., Holman, K., & Mueller, D. (1999). Storms over Minnesota: seven months of severe weather and catastrophic tree damage. *Minnesota Shade Tree Advocate*, 2(1), 1-3,11-12.
12. Johnson, G. R. (1999). Unpublished stem girdling roots data, 1994-1999. University of Minnesota.
13. Karen, L. K. (2004). Identify & Treat Girdling Roots. *Grounds Maintenance*, 39(1), 68.
14. Kerkhoff, K. L. (2004). How to identify & treat girdling roots. *Grounds Maintenance*, 39(1), 68.
15. Klawn. (2002). Something About Tree Roots. *K-State Horticultural Newsletter*. pp.1.
16. Kormanik, P. P. (1986). Lateral root morphology as an expression of sweetgum seedling quality. *Forest Science*, 32, 595-604.

17. Marshall, R. R. (1942). Core of Damaged Shade Trees. USDA Farmer's Bull. No. 1896.
18. Michigan State University Extension. (1998). Acer Disease Problems. <http://www.msue.msu.edu/msue/imp/modop/00000036.html>
19. Miller, R. W. (1999). Personal communication. University of Wisconsin-Stevens Point.
20. Parks & Recreation Urban Forestry Services. (2001), Girdling Roots, Toronto, Ontario M5H 2N2 8th Floor, East Tower, City Hall.
21. Pirone, P. P. (1941). Maintenance of Shade and Ornamental Trees. Oxford University Press. New York. 422 pp.
22. Tate, R. L. (1980). Detection, Description, and Treatment of Girdling Roots on Urban Norway Maple Trees. Ph.D. dissertation. The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan. 93 pp.
23. Tate, R. L. (1981). Characteristics of girdling roots on urban Norway maples. *Journal of Arboriculture*, 7, 268-70.
24. Tattar, T. A. (1978). Diseases of Shade Trees. Academic Press. San Diego, Calif. 361 pp.
25. Urban, J. (2006). The root of the problem. *Landscape Architecture*, 96(10), 110-122.
26. Van Wormer, H. M. (1937). Effect and Treatment of Girdling Roots, Proc. 13th Nat. Shade Tree Conf. 13:30-36.
27. Van Wormer, H. M. (1940). Effect of girdling roots on trees. *Arborist News*, 5(11), 81-84.
28. Watson, G. W., Clark, S., & Johnson, K. (1990). Formation of girdling roots. *Journal of Arboriculture*, 16, 197-202.
29. Watson, G. W. & Clark, S. (1993). Regeneration of girdling roots after removal. *Journal of Arboriculture*, 19, 278-80.
30. Wells, C., Karen, T., Judy, C., Donald, H., Smiley, E. T., & Michael, S. (2005). Effects of planting depth on landscape tree survival and girdling root formation. *HortScience*, 40(4), 993-1147.
31. Wilson, B. F. (1967). Root growth around barriers. *Botanical Gazette*, 128, 79-82.