

# 台中市垂榕環根形成規模與 影響因素之研究

章錦瑜\*

(收件日期：97年8月1日；接受日期：98年8月3日)

## 摘要

本研究發現主要影響垂榕形成環根的因素就是窄小的植穴，台中市常見行道樹垂榕栽植於人行道之窄小植栽穴內，經由多年實地調查，已明顯於地面上形成環根，隨時間所形成的環根規模（長度、寬度、高度以及量體）都逐年遞增；形成環根的比率隨植穴越小、莖幹越粗而遞增。因環根會影響樹木的生長，建議維護管理單位針對已形成環根的行道樹多加注意，讓生長多年的行道樹不因環根問題而影響生長並降低樹木壽命，能持續為台中市街道的綠化效力。至於新植行道樹時應儘量加大植栽穴，可延後環根對樹木的影響。若行道樹之植穴窄小無法擴大時，則須避免栽植容易形成環根的樹種。

**關鍵字：**垂榕、植穴、環根

---

\* 東海大學景觀學系副教授

Associate Professor, Department of Landscape Architecture, Tunghai University.

# The Scale and Factor on Girdling Roots of *Ficus benjamina* in Taichung City

Chang Chin Yu\*

(Date Received: August 1, 2008; Date Accepted: August 3, 2009)

## Abstract

The main factor on girdling roots of *Ficus benjamina* in Taichung city is the narrow planting pits. *Ficus benjamina* in Taichung is easily encouraged to develop the girdling roots. Especially planting in the small planting pits usually do not have enough space for their root's development. Trees growing in small spaces are more subject to the girdling roots. Following the time, the scales of girdling roots are longer, wider and higher. The huge trees are more easily to produce the girdling roots in smaller planting pits. Girdling roots grow around the base of the trunk. As both root and trunk increase in size, the root chokes the trunk eventually. Physiologically, trees might slowly decline and die as a result of girdling roots. The purpose of this study is to investigate and to understand what are the factors affect the girdling roots of *Ficus benjamina*. This paper's result suggests that the managers of maintenance need to find the girdling roots and cut off them. At last, we talk about the preventing methods of girdling roots.

**Keywords:** *Ficus benjamina*, planting pits, girdling roots

## 壹、引言

本研究係針對台中市的垂榕，栽植於人行道植栽穴（簡稱植穴）內形成環根之調查。垂榕為台中市區栽植頗多之行道樹，約1780株，自1998年起筆者就展開對垂榕之觀測調查。有關垂榕根系之相關研究，國內文獻有章錦瑜(1999)、章錦瑜(2006)、章錦瑜(2007)、章錦瑜<sup>1</sup>(2008)以及林怡凡(2007)，論及台中市垂榕根系之生長趨勢，以及對人行道鋪面、植穴及植槽之毀損。熱帶樹種尤其是桑科榕屬樹木，不僅會自樹冠枝條發出向下懸垂之氣生根，也可能自地面附近之樹幹發出地表根，因位於空氣中也可視為是一種

氣生根(Fisher, 1982)，垂榕亦具此根系發展特性。垂榕為台中市的主要行道樹，多種植於人行道的植穴內，人行道寬度常不足2公尺，因此植穴也多窄小僅約1平方公尺，而成爲限制垂榕根系發展的阻礙。垂榕地表根系相當發達且生長旺盛，筆者近年來調查垂榕根害之時，發現生長多年粗幹的垂榕若栽植於窄小植穴，其地面之氣生根系易於植穴內緣形成環根。

環根(girdling roots或circling root)，發生於地表附近之土壤淺層處，不同於樹木正常的根系生長方式，乃指根系環繞著莖幹生長。而所謂正常的根系生長方式，係指其第1側生根系自根頂（根與莖相接處）呈幅射狀向外生長。環根說來是一種自我勒死現象，亦是一種自然現象，當植物長時間盆栽，根系生長至盆壁，就會環繞著盆壁生長，這就是最常見的環根。當這些圍繞著莖幹的環根日漸粗大，最後甚至會緊貼樹幹，就產生彼此壓迫的現象。相接處之莖幹被纏勒而無法擴大，造成莖幹於環根纏繞處細縮變型，日後易因強風而於莖幹緊縮處折幹倒伏。環根壓迫莖幹不僅妨礙、甚至阻斷其內部的的水分與養分的移動，而影響其地上部莖枝與葉片、以及地下部根系的發育，植物因此日漸衰弱、最後可能活不下去（Johnson and Hauer, 2000；章錦瑜<sup>2</sup>, 2008；章錦瑜<sup>3</sup>, 2008）。

目前台灣尚無任何與環根相關之研究，可供參考的文獻都來自國外，環根最早於1937、1940年被Van Wormer提出時，就發現環根較易出現於農園、苗圃與公園的樹木，而自然森林中的樹木較不會形成環根，推測可能原因乃自然森林中較少障礙物。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當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，因爲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。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。d'Ambrosio (1990)也發現環根易發生於公園、街道、庭院、停車場與廣場等，以及苗圃中的盆栽苗與袋苗，但森林中的樹木較少發生；認爲樹木栽植於都市之受限環境，這些硬體出現於根系周遭，根系無法自由且充分地伸展，因而認爲環根的形成常因樹木栽植於根系生長受限的空間所造成。Hauer與Johnson (1997)爲實務業者，認爲環根的形成與該樹木四周存在著限制根系生長之硬體很有關係，例如人行道的植栽穴、植栽帶或植栽槽等，均會限制根系的生長，因此若樹木栽植於此類環境，較容易形成環根。d'Ambrosio (1990)認爲若發現環根已出現，當樹皮組織被環根限制比率低於1/30時尚無問題，超過就會影響植物生長，處理環根最好方法就是切斷或除去。

本研究對象爲台中市的行道樹垂榕，採實地調查方法，探討環根形成之規模以及影響因素。並提出如何降低垂榕形成環根的栽植設計及種植之方向。期望本研究結果可做爲台中市政府行道樹維護管理單位，瞭解環根對行道樹之危害，對目前已發生環根的垂

榕能及早處理，不致日後環根粗壯並纏勒樹幹而危及樹木壽命。對於新植垂榕時，因瞭解垂榕根系易形成環根之特性，更懂得如何植栽設計以及適當之栽種方式，使垂榕能持續得長長久久。

研究目的：

- 一、探討垂榕隨時間形成環根的趨勢。
- 二、探討垂榕於植穴周邊隨時間形成環根長度的趨勢。
- 三、探討垂榕環根於植穴內不同位置形成量體的趨勢。
- 四、探討垂榕環根於植穴內緣形成與土壤高差之關係。
- 五、探討垂榕環根於植穴內隨時間形成的規模趨勢。
- 六、探討垂榕環根發生比率與其胸徑及栽植處之植穴大小間的關連。

研究假設：

- 一、垂榕形成環根的株數與栽植時間具相關性。
- 二、垂榕於植穴周邊形成之環根長度與栽植時間具相關性。
- 三、垂榕環根於植穴內形成之量體與離植穴內緣之距離具相關性。
- 四、垂榕於植穴內緣環根形成與植穴內外土壤之高差具相關性。
- 五、垂榕環根形成的規模與時間具相關性。
- 六、垂榕環根發生比率與其胸徑及栽植處之植穴大小具關連性。

## 貳、材料及方法

本研究以台中市之垂榕及其環根為主要研究對象，垂榕學名：*Ficus benjamina*，別名：白榕、白肉榕，乃因其樹幹面灰白淺褐，為桑科榕屬之常綠中喬木，產臺灣南部、綠島與蘭嶼。性喜高溫、潮濕和半陰環境，生育適溫23~32℃，溫度低於10℃生長停頓，不耐霜害。喜排水良好之土壤。耐陰性強，可做為室內大型盆栽植物，但種在戶外日照充足處，生長快速，並會開花結果。生長快速根系強勢，易造成各種根害問題，栽植處必須遠離硬體與管線。耐鹽、抗風，耐旱、抗污染。當冬天溫度低、光線差，或植株過於缺水，或著根處之土壤含水量太高，葉片都可能掉落。除播種外，亦可扦插或高壓繁殖之。移植難易中等，適春季移植。易發生病虫害。葉為琉璃斑蝶之食草。排灣族常利用其通直之氣根充做房屋棟梁，韌皮纖維則用來製草鞋及繩索（章錦瑜，2008<sup>4</sup>）。

針對每株垂榕於植穴內是否形成環根、所形成之環根隨時間之發展狀況與規模，以及環根形成與周邊環境之關係等進行研究，採實地調查方法。為便於調查方便進行，本研究所調查之垂榕環根，僅以出現於地表之上、且位於植穴內為調查對象，不包括掩埋於土面下之環根。因為根據以往之觀察發現垂榕容易於地表之上形成地表根，此類型根系於植穴內，當生長延伸鄰近植穴邊緣時，若植穴內之土壤高度較植穴外的硬鋪面低時，地表根無法跳出植穴外，就會沿著植穴周邊內側形成環根。調查時間從2003年開始至2008年結束，不同調查項目之調查範圍與時間等均有所不同，茲將詳細調查內容說明如下：

## 一、調查範圍

本研究乃針對台中市之垂榕為主，受限於時間、人力與經費，無法於台中市進行全面、全期之調查，故依據調查項目而擬定不同之實地調查範圍，共分為3類型，分別說明如下：

### (一) 大容東街、大容西街之全部垂榕

此路段之植穴尺寸（單位為cm）共分為3種：160×240、120×150與130×150，植穴均無邊框，植穴周邊之鋪面材質為水泥、連鎖磚與洗石子。由調查開始之2003年至2008年總株數有些變化，某些植株於此期間死亡，另外又補植一些小株的垂榕，例如2003年開始第1次正式針對環根進行調查，當時之總株數為170株，2007年調查時共計有158株，2008年調查時植穴的缺株補植而共計173株，2008年各街廓間之垂榕株數見表1。為便於多年持續性之調查結果能進行統計分析，最終至2008年調查結束時，從其中選擇持續多年均有調查數據、且其地表根系與調查之環根均未遭到破壞等，共計151株列入最後數據之統計分析。

表1. 2008年大容東、西街各街廓之垂榕株數

街廓分段	大容東街	大容西街	小計
大墩20街至19街之間	15	15	30
大墩19街至大隆路之間	13	13	26
大隆路至大墩18街之間	13	13	26
大墩18街至17街之間	25	26	51
大墩17街至文心路之間	21	19	40
小計	87	86	173

## (二) 大容東、西街位於大墩18街至大容東一街間之垂榕

此街廓間種植於植栽穴內之垂榕共計22株，鋪面材質為連鎖磚、水泥與洗石子的組合型式，植栽穴規格多為100×150cm<sup>2</sup>，路緣石皆為水泥材質。

## (三) 台中市所有栽植於人行道矩形植穴內的垂榕

以矩形植穴為主的垂榕共計1406株，胸徑範圍多10~60cm，僅少數高達60~90cm者。詳細資料見表2。

表2. 台中市所有栽植於人行道矩形植穴內的垂榕

街道	株數	平均胸徑(cm)	植穴尺寸(cm <sup>2</sup> )
三民路一段、貴和路口	8	30	100×150
大容東、西街	151	49	120×150、130×150、160×240
大連路一段、河北路二段、旅順路二段	27	37	100×150
中清路(環中路至文心路間)	326	41	90×90、100×150
仁和路	36	27	100×110
太原路二段、三段	236	31	100×150
文山七街	24	28	110×150
文山八街	44	28	100×150
市政北二路	37	46	100×150
永春南路	80	37	100×150
忠太東、西路	28	45	75×90
南京東路一段	57	22	90×140
崇德路一~三段	320	26	80×80、100×300
豐功路	32	46	100×100

## 二、調查項目、時間與方法

自2003年起針對調查街道的每株要列入調查的垂榕進行編號，並於地圖上繪製每株垂榕的正確位置，因為地表根系經過一段時間伸長接近植穴周邊時方會形成環根，因此環根形成過程之調查需要長時間地持續進行。因垂榕之地表根繁多，本調查之環根乃異於輻射向外伸長的正常根系，只要根系生長方向與由幹心拉出的直線間角度大於45°，即被認定為環根，且環根寬度至少1公分、長度10公分以上者方列入調查。調查方法包括簡單紀錄、測量、繪圖、建檔與拍照等，以下按各調查項目詳細說明之。

### (一) 胸徑

離地面125cm高處先以卷尺測量樹木胸圍，再換算成胸徑，單位為cm。

## (二) 植穴尺寸與土壤高差

本次調查之垂榕都是種植在矩形植穴內，調查植穴的長度與寬度，以及植穴內之土壤與鄰近周邊鋪面之高差，單位為cm。

## (三) 環根方面

2002年首次於大容東、西街進行環根初勘，發現環根多發生於鄰近植穴之內緣、甚至緊貼著植穴邊緣，因此於2003年正式展開為期約5年之環根調查。為便於調查方便，本研究僅針對植穴內、出現於地表上之環根為調查對象，不包括掩埋於土面下之環根，關於每株垂榕之環根調查項目分別說明如下：

### 1. 形成環根的植株

此部份乃於大容東、西街所有151株垂榕進行多年期調查，針對每株垂榕調查是否已形成環根，必須有明顯可見之環根出現於植穴內方列入記錄。調查自2003年起至2008年每年調查一次，每年調查時間務必於3月份內完成，調查時間分別為2003/03/26、2004/03/15、2005/03/18、2006/03/21、2007/03/15以及2008/03/10。

### 2. 植穴周邊形成環根的長度比率

此部份亦針對大容東、西街151株垂榕進行多年期調查，但僅針對每株於2003年初次調查時已形成環根之垂榕進行後續調查，所謂植穴周邊係指於植穴框內、距離內緣15cm之範圍，調查每個植穴於周邊所形成的環根之總長度，再除以該植穴內緣周長所得到的百分比，即代表每株於植穴周邊形成環根的長度比率。調查自2003年起至2008年每年調查一次，每年調查時間務必於3月份內完成，調查時間同上，調查方式採拍照方式，再依據圖片計算植穴周邊形成環根的長度比率。

### 3. 環根於植穴內不同位置形成量體之比率

此部份亦針對大容東、西街所有151株垂榕進行調查，針對每株已形成環根之垂榕進行1次調查，時間為2008年2月21~28日，調查所有位於同一植穴內之單株垂榕所形成之環根，於不同距離範圍內所形成之量體佔總量體之比率，位置分類成4級： $\leq 10\text{cm}$ 、11~20cm、21~30cm、 $\geq 30\text{cm}$ ，數字代表的意義係指環根出現的位置與植穴內緣之距離。主要進行方式乃於現場針對每株垂榕採同一高度向下垂直拍攝植穴，拍攝的範圍乃包括全部的矩形植穴以及其內的全部根系，因此每個植穴的4個不同方位均要拍攝，之後再利用photoshop軟體，將每個植穴所拍的4個方位的照片整合成一張植穴根系分佈圖，用以計算每個植穴內、於不同距離範圍所形成之環根量體、佔環根總量體之比率。

### 4. 植穴內緣環根形成與植穴內外土壤高差之關係

此部份亦針對大容東、西街所有151株垂榕進行調查，針對每株已形成環根之

垂榕進行1次調查，時間為2008年5月03~25日。人行道植栽穴內緣的土壤高度與其鄰近之植穴外之鋪面高度的差異，可能是高突、相同或凹陷的，經多年觀察與初步勘查，發現當植穴內緣之土壤與植穴外之鋪面高度相同或高突時，垂榕之地表根當伸長至植穴內緣時，多會超過植穴並向外之鋪面伸展，而不會於植穴內形成環根，見圖1；但當植穴內之土壤較植穴外之鋪面低時，垂榕之地表根當伸長至植穴邊緣時，多會於植穴內緣形成環根，見圖2。基於此初步調查所發現之現象，想藉由實地調查，驗證植穴內緣環根形成與植穴內外高差之間具相關性。同一個植穴內各處之土壤並非都是相同的高度，植穴內之土壤可能是傾斜的，因此針對每一個於植穴內緣形成的環根，同時調查與該環根相鄰處之土壤高差，共分7級，鋪面高度較穴內土壤低2cm、相同、高2cm、高4cm、高6cm、高8cm、以及高10cm以上。調查不同高差分級形成環根之數量，再計算佔全體環根之比率，並進一步將高差與形成環根之平均比率進行Pearson相關分析，探討其間之關係。



圖1. 垂榕根系長出植穴外



圖2. 垂榕於植穴內緣形成環根

#### 5. 環根規模

本部份之調查範圍僅針對台中市大容東、西街，大墩十八街至大容東一街之間種植於植穴內之垂榕，共計22株。鋪面材質為連鎖磚、水泥與洗石子的組合型式，植穴規格多為 $100 \times 150 \text{cm}^2$ ，路緣石皆為水泥材質。調查樣區為便於長期調查，地表根不被維護管理單位清理修剪，保持現場完整性以便於持續調查，而向市府維護管理單位申請此路段暫停垂榕地表根系之所有維護管理工作。調查自2003年起至2008年每年調查一次，每年調查時間務必於4月份內完成，調查時間分別為2003/04/12~14、2004/04/05~07、2005/04/21~24、2006/04/09~11、2007/04/22~24以及2008/04/17~19。

針對每株垂榕之地表根系，於所栽植之植穴內所形成的環根規模，調查項目包括：長度、寬度、高度以及量體，單位為cm，長度、寬度與高度均為現地直接測量，量體為現場垂直向下拍攝植穴內之根系，再以photoshop影像軟體，將每株所拍攝的各方照片重組成一完整植穴根系分佈圖，所完成之根系分佈圖再根據拍攝時地面植穴邊框外所放置的量尺做為量測依據，計算出每株於植穴內環根形成的量體，單位為 $\text{cm}^3$ 。長度、寬度與高度之現地測量方式說明如下：

## (1) 長度

長度測計乃利用可彎曲的布尺來量測。每一植穴內所形成的環根並非都是連續性的，每株於植穴內所形成之環根長度，乃將植穴內所有各片段環根總加之長度。

## (2) 寬度

寬度測計乃利用遊標尺來量測。寬度係指每株於植穴內所形成之環根的平均寬度，先求取植穴內各片段環根寬度之平均值，再計算全體之平均值。至於片段環根之寬度乃量取該段環根中央部位為主。

## (3) 高度

高度測計乃利用鐵尺來量測。高度係指每株於植穴內所形成之環根的平均高度，先求取植穴內各片段環根高度之平均值，再計算全體之平均值。至於片段環根之高度乃量取該段環根中央部位為主。

## 參、結果

### 一、形成環根之株數

2003~2008年整個調查期間持續可供調查的株數共計151株，調查每年形成環根之株數，結果見表3，2003年27.81%植株形成環根，至2008年已增至91.39%；僅8.61%垂榕未見環根形成。2004年形成環根之株數較前一年增加21.86%，2004至2005年增加比率高達29.14%，但之後則年增率明顯急速劇降，由圖3即明顯可見環根形成株數於2005年之前呈遞增趨勢，之後則轉為降低趨勢，顯示生長環境若適於形成環根，至2005年以前則多已於植穴內形成環根。將時間與環根形成之株數進行曲線相關分析，其相關係數為0.821<sup>\*</sup>， $p=0.045<0.05$ ，達顯著水準，表示時間與其環根形成株數呈曲線相關，2005年以前呈直線向上趨勢，之後則轉曲線緩增趨勢，見圖3。

表3. 形成環根之株數

年度	環根形成株數	形成環根株數佔所有株數之比率(%)	較前一年增加比率(%)
03年	42	27.81	
04年	75	49.67	21.86
05年	119	78.81	29.14
06年	129	85.43	6.62
07年	135	89.40	3.97
08年	138	91.39	1.99

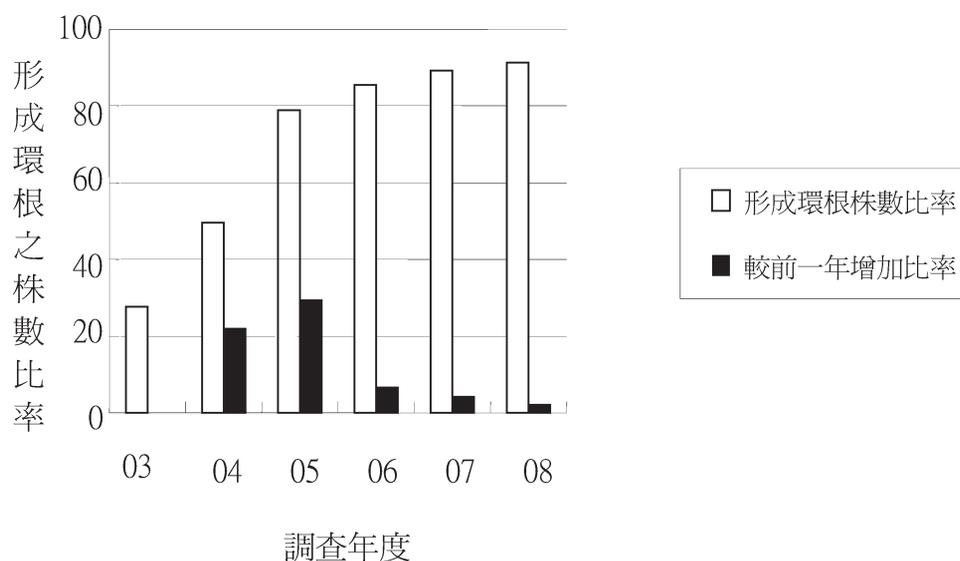


圖3. 歷年來形成環根之株數比率

## 二、植穴周邊形成環根的長度比率

此部份乃針對大容東、西街的151株垂榕進行多年期調查，調查每株垂榕於植穴周邊形成環根的長度比率，結果見表4。2003年初次針對此項目調查時僅11.25%，至2008年調查時發現已有許多植株之環根、於植穴內緣環繞成完整的一圈(100%)，植穴周邊形成環根的長度比率平均高達81.39%。至於一年內增加的比率於2007年以前均呈現遞增情形，其中以2006~2007年增加23.97%為最高，之後年增率開始下降，因環根形成已漸趨飽和。將時間與植穴周邊形成環根的長度比率進行Pearson相關分析，其相關係數為0.985\*\*\*， $p=0.000<0.001$ ，達顯著水準，表示時間與植穴周邊形成環根的長度比率呈直線正相關，自2003年起一直呈直線向上趨勢。

表4. 植穴周邊形成環根的長度比率

年度	長度比率(%)	較前一年增加的比率(%)
03年	11.25	
04年	19.34	8.09
05年	28.81	9.47
06年	45.43	16.62
07年	69.40	23.97
08年	81.39	11.99

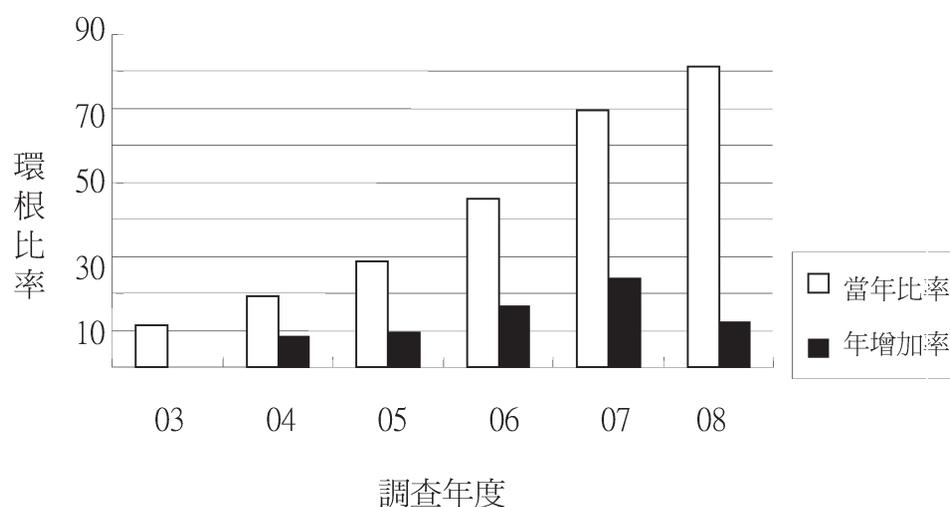


圖4. 植穴周邊形成環根的長度比率

### 三、環根於植穴內不同位置形成量體之比率

針對每株已形成環根之垂榕僅調查一次，為瞭解所有位於同一植穴內之單株垂榕所形成之環根，於不同距離範圍內所形成之量體佔總量體之比率，位置分類成4級： $\leq 10\text{cm}$ 、 $11\sim 20\text{cm}$ 、 $21\sim 30\text{cm}$ 、 $\geq 30\text{cm}$ ，數字代表的意義係指環根出現的位置與植穴內緣之距離。環根初形成時多位於植穴邊緣、鄰近甚至緊貼著植穴內緣，乃因垂榕之地表根當伸長鄰近植穴硬體時，無法再直走下去，不得以只好順著植穴邊緣彎曲，因而形成環根。2008年調查垂榕離植穴內緣不同距離處所形成量體之比率，結果見表5。發現離植穴內緣 $10\text{cm}$ 內形成之環根量體比率高達 $86.25\%$ ，距離越遠量體比率急速下降， $\geq 30\text{cm}$ 之環根量體比率僅 $1.51\%$ 。調查時發現有少數於植穴內已形成的環根如網狀般分佈，乃當地表根越來越多時，就會如網狀般分支而堆疊於植穴內，見圖5。

表5. 環根於不同位置量體比率

離植穴內緣距離	量體(%)
$\geq 30\text{cm}$	1.51
$21\sim 30\text{cm}$	2.02
$11\sim 20\text{cm}$	10.22
$\leq 10\text{cm}$	86.25



圖5. 植穴內已形成如網狀般的環根

#### 四、植穴內緣環根形成與植穴內外土壤高差之關係

針對每株已形成環根之垂榕，僅調查一次，時間為2008年5月13~20日，人行道植穴的土壤高度與植穴外之鋪面高度的差異，可能是高突、相同或凹陷的，經多年觀察與調查，發現當植穴內之土壤與植穴外之鋪面高度相同或超過時，垂榕之地表根當伸長至植穴邊緣時，多會超過植穴向外伸展，而不會於植穴內形成環根。但當植穴內之土壤較植穴外之鋪面低時，垂榕之地表根伸長至植穴邊緣時，因無法跨越植穴，多會於植穴內緣形成環根，調查發現當植穴內之土壤較植穴外之鋪面平均低於5.37cm時，就一定會於植穴內緣形成環根。將高差與形成環根之平均比率進行Pearson相關分析，Pearson相關係數為0.853<sup>\*</sup>，p值為0.015<0.05，達顯著之直線正向關係，表示植栽穴內外高差與所形成環根之比率成正相關。

表6. 植栽穴內外高度不同所形成環根之比率

鋪面較穴內土壤之高差(cm)	形成環根之平均比率(%)
低2cm	0.00
相同	12.35
高2cm	85.21
高4cm	95.05
高6cm	100.00
高8cm	100.00
高10cm以上	100.00

## 五、環根於植穴內隨時間形成的規模

本調查樣區之植穴面積為 $19500\text{cm}^2$ ，平均胸徑約 $49\text{cm}$ ，幹基總面積平均值約 $1963.5\text{cm}^2$ 。於不同年度（2003至2008年）調查每株垂榕於同一植穴內所發生之環根的長度、寬度、高度與量體之平均值列出於表7。調查數據顯示每株隨年形成環根之長度變化，於2003~2006年環根長度明顯逐年遞增，但2006~2008年環根長度增加量漸趨緩慢，乃因沿植穴四周所形成的環根於2006年時就已接近飽和。每株隨年形成環根寬度之變化，調查歷年來環根寬度明顯持續呈遞增趨勢，另每株隨年形成環根高度之趨勢與長度變化具相同趨勢。至於每株逐年形成環根量體之趨勢變化，發現至調查之時環根量體仍隨年遞增中，根據章錦瑜(1999)之研究發現地表根系發達樹木栽植於窄小植穴內，其不斷增生的地表根會重重疊疊地越墊越高，形成環根的量體亦具同樣趨勢。

表7. 垂榕環根調查資料

項目	03年	04年	05年	06年	07年	08年
長度(cm)	112.3	217.7	295.8	403.6	412.5	425.6
寬度(cm)	0.7	0.9	1.1	1.8	2.5	3.1
高度(cm)	0.4	0.7	1.1	1.9	2.0	2.2
量體( $\text{cm}^3$ )	69.7	185.6	320.8	656.7	678.6	1125.3

## 六、環根發生比率與胸徑以及植穴大小的關連

為瞭解垂榕環根發生比率與胸徑以及植穴大小的關連，於2007年7月16日至8月25日進行調查，此調查範圍包括所有台中市栽植於矩形植穴內之行道樹垂榕，共計1406株。將所有調查之垂榕依胸徑(D)分為3級：D<30、50>D≥30、D≥50，單位為cm，再依據此3級胸徑栽植於不同植穴內、調查其形成環根的株數，矩形植穴依據最短邊長分級，共分2級：M≤100與M>100，單位為cm。形成環根的株數除以總株數即為環根發生比率，結果見表8。此結果再與植穴大小進行交叉分析，以瞭解其間之關連。進行百分比同質性考驗， $\chi^2=7.958$ ，df=2，P=0.019，達0.05顯著水準，顯示垂榕3種胸徑栽植於2種植穴所形成的環根比率是不同的，胸徑越大的垂榕栽植於較小的植穴形成環根的比率明顯為高。

表8. 不同胸徑的垂榕於不同大小植穴內形成環根之比率

胸徑(D)(cm)		D<30	50>D≥30	D≥50
植穴最短邊長(M)(cm)	M≤100	39.5	45.6	79.3
	M>100	5.1	19.4	39.1

## 肆、討論及建議

垂榕具有發達的地表根，常於地表之上竄生，於自然環境其地表根會呈輻射狀向外伸展，但栽植於人行道植穴內則易形成環根，非輻射直出而是隨植穴形狀轉彎。隨栽植時間越久越容易形成更多的環根，環根之長度、寬度、高度與量體均隨時間遞增。最主要影響垂榕形成環根的因素就是窄小的植穴，輻射向外伸展的根接近植穴週邊硬體時，根系受阻無法直行，只好環繞著植穴內緣而形成了環根。因此若想避免環根形成，最好將垂榕栽植於自然大草坪上，離樹幹至少5公尺範圍內均無任何硬體或大石頭等障礙；若要做行道樹栽植於人行道植穴內，則植穴務必儘量加大，可延遲形成環根的時間。另一方面若植穴內填土低於植穴外鋪面高度，地表根無法跨越至植穴外，只好繞著植穴內緣伸展就會形成環根；因此植穴內的土壤最好高填，超過植穴外的鋪面高度，垂榕的地表根系就會伸展出植穴外、而貼生於鋪面上，但這狀況卻會帶給過路人的行走危機，因根系高突於鋪面上容易絆跌路人，需要維護管理單位定期將植穴外的盤踞根系修剪清除，以降低行路被絆倒的威脅。

本研究結果發現垂榕栽植於較窄小的植穴，當胸徑越大（代表株齡越高）時越容易形成環根。本次調查發現少數垂榕所形成的環根已緊貼莖幹，對該樹木內部水份與養份

的輸送會造成阻礙，嚴重威脅樹木的後續生長，亟需維護管理單位及時處理。除垂榕經由本調查已證實易形成環根外，其他桑科榕屬的榕樹、菩提樹、印度橡膠樹與雀榕等，在台中市也常栽植為行道樹，它們也會類似垂榕容易形成環根，同樣需特別的維護管理。

建議台中市進行全面行道樹環根現象之普查，對現有已形成環根之樹木儘速處理，例如適當修剪環根來減緩未來持續之危害。硬體對根系而言乃為障礙物，易導致環根形成，須藉由植栽設計以及後續之維護管理工作來避免環根之形成與危害。經由本研究結果，配合所蒐集之相關資料(Klawn, 2002; d'Ambrosio, 1990; Wells et al., 2005; George, 2007)，研擬降低環根之辦法，供有關單位參考，可從以下幾個方向著手：

1. 設計方面著手：研擬適當之植穴與植栽槽的大小等。
2. 維護管理的配合：修剪、截根、鬆土、截頂、澆水、增加地表覆蓋等。
3. 施工方面的改善：移植技術、根系處理以及填土深度等。

本研究為國內首次提出有關喬木環根方面的研究，為便於調查方便進行，本研究調查之垂榕環根，僅以出現於地表之上、且位於植穴內為調查對象，不包括掩埋於土面下之環根。未來建議可針對台灣地區較常栽植之其他行道樹之環根進行研究外，也可進一步對於土面下層之環根調查，讓樹木環根方面之研究不僅增加深度、也能擴展其廣度。

## 引用文獻

1. 章錦瑜，(1999)，台中市行道樹之根系對鋪面與路緣石破壞程度之調查，東海學報，40(6)，49-55。
2. 林怡凡，(2007)，台中市垂榕地面氣生根對人行道硬體破壞之研究，碩士論文，東海大學景觀學研究所，台中。
3. 章錦瑜，(2006)，漫談栽植行道樹之利與弊，環保資訊月刊，104，<http://www.fengtay.org.tw/>。
4. 章錦瑜，(2007)，漫談台灣的綠化災難，科學月刊，449，370-373。
5. 章錦瑜<sup>1</sup>，(2008)，探討樹木之地表氣生根對硬體造成的根害，林業研究季刊，30(2)，65-74。
6. 章錦瑜<sup>2</sup>，(2008)，樹木發生環根的影響因素及減緩方法，造園景觀學報，14(1)，1-14。

7. 章錦瑜<sup>3</sup>, (2008), 環根初探, 中華林學季刊, 41(2), 279-289。
8. 章錦瑜<sup>4</sup>, (2008), 景觀樹木觀賞圖鑑, (pp.166-167), 台中, 晨星出版社。
9. d'Ambrosio, R. P., (1990). Crown density and its correlation to girdling root syndrome. *Journal of Arboriculture*, 16, 153-157.
10. Fisher, J. B., (1982). A survey of buttresses and aerial roots of tropical trees for presence of reaction wood. *Biotropica*, 14(1), 56-61.
11. George, H., (2007). Does Your Tree Have Girdling Roots? *Home Grounds Fact Sheet*. Cornell Cooperative Extension.
12. Hauer, R. J. and G. R. Johnson, (1997). *Survey of Practitioner Insight of Girdling Roots*. Unpublished manuscript and data. University of Minnesota.
13. Johnson, G. R. and R. J. Hauer, (2000). *A Practitioner's Guide to Stem Girdling Roots of Tree*. College of Natural Resources University of Minnesota. 20pp.
14. Klawn., (2002). Something About Tree Roots. *K-State Horticultural Newsletter*. pp.1.
15. Kormanik, P. P., (1986). Lateral root morphology as an expression of sweetgum seedling quality. *For. Sci.*, 32, 595-604.
16. Van Wormer, H. M., (1937). Effect and treatment of girdling roots, *Proc. 13<sup>th</sup> Nat. Shade Tree Conf.*, 13, 30-36.
17. Van Wormer, H. M., (1940). Effect of girdling roots on trees. *Arborist News*, 5(11), 81-84.
18. Wells, C., T. Karen, C. Judy, H. Donald, E. T. Smiley, and S. Michael., (2005). Effects of planting depth on landscape tree survival and girdling root formation. *HortScience*, 40(4), 993-1147.
19. Wilson, B. F., (1967). Root growth around barriers. *Bot. Gaz.*, 128, 79-82.