

研究簡報

## 台中市行道樹刺桐環根形成之調查

章錦瑜<sup>1,\*</sup> 鍾政勳<sup>1</sup>

【摘要】環根係指樹根圍繞著樹幹呈環狀生長，當環根密貼樹幹將產生纏勒現象，樹幹基部被纏勒處因無法增粗而細縮，樹木可能於細縮處彎折倒塌，對周遭環境之人、車與建物將潛藏危機。刺桐為台灣本土喬木，常做為行道樹栽植於各地，種植於人行道植穴內，其地表根系伸展至植穴周邊硬體時，常被迫彎曲而形成環根。環根有礙樹木正常發育，因而亟待調查並有所後續處理，以助樹木後續生長。採實地調查方法，針對台中市4條栽植刺桐為行道樹之街道，調查環根形成狀況，並探討影響因素。結果發現所有調查株數之64.2%形成環根，且有許多環根已密貼樹幹、甚至徑粗高達52cm，對刺桐生長造成威脅。且發現胸徑與環根形成比率具顯著之正線性相關，表示隨樹齡遞增、胸徑越大，環根形成比率也隨之提高；另外，植穴面積亦會影響環根形成比率。本調查結果可做為未來減緩刺桐環根危害之參考。

【關鍵詞】植穴、倒塌、纏勒

Research NoteThe Girdling Roots Formation of *Erythrina variegata* in Taichung cityChin-Yu Chang<sup>1,\*</sup> Jheng-Syun Jhong<sup>1</sup>

【Abstract】Girdling root refers to the roots encircling the trunk. When girdling root tightly entangles the trunk, the trunk is strangled and unable to grow thicker, which eventually leads to form notching belts on the base trunk. It is likely that the trees may bent and collapse from this and endanger people, vehicles and buildings near the falling trees. *Erythrina variegata* is an indigenous plant of Taiwan and is often planted alongside the street in Taiwan city. But planting the *Erythrina variegata* in sidewalk small cavity leads to the problem that the taproot can't stretch normally. Whose roots near the planting hole hardware, often forced to bend and form girdling roots that impede the normal development of trees. Therefore, investigation and some follow-up treatment are urgently required to help the sustainable growth of trees. The current study applies field survey methods and focuses on the *Erythrina variegata* planted alongside 4 streets in Taichung

---

1. 東海大學景觀學系

Department of Landscape Architecture, Tunghai University.

\* 通訊作者，407台中市臺灣大道四段1727號 東海大學景觀學系

Corresponding author, 1727, Sec. 4, Taiwan Blvd., Xitun Dist., Taichung 407, Taiwan. Tel: 0953250989 e-mail: changchinyu0@gmail.com.

City to investigate the condition which leads to the formation of girdling root and the relevant factors. The results showed that 64.2% of *trees* had formed girdling roots and the trunk is tightly surrounded by girdling roots. Some of the girdling roots were even as thick as 52cm. This is a serious threat to the growth of the tree. It is also found that there is a significant and positive linear relationship between the diameter at breast height (DBH) and the ratio of forming a girdling root. This means that the older the age and the greater the DBH, the higher the ratio of forming a girdling root. In addition to DBH, another factor which affects the ratio of forming the girdling root is the area of planting pit. The results of this study can be used as a reference in the future to reduce the girdling root of *Erythrina variegata*.

【Key words】 *planting pit, collapsed, strangled*

## 一、前言

樹木之根與幹相接處所發生之正常狀態的第1側生根系，乃呈幅射狀向外方式生長；而環根 (girdling roots) 係指根環繞著樹幹伸展，當環根變得粗壯、密貼樹幹時，若未及時發現並去除，可能纏勒樹幹而導致樹木死亡 (Bradley and Ellis, 1992; Watson and Clark, 1993; Johnson and Johnson, 2001)。當幹基被環根纏勒時，會強烈壓迫內部維管束組織，影響植物體內水養份的正常運輸，以及光合作用的正常運作，導致樹勢日漸衰弱，較難以抵擋外界環境衝擊，以及病蟲害侵襲等，此乃生理致死原因 (Tate, 1980)。結構致死原因則當樹幹基部被環根纏繞部位，因無法增粗而顯得細縮，樹木可能於不預警狀況下，甚至非暴風驟雨後，樹幹於細縮處突然斷裂，導致樹木倒塌 (Hudler and Beale, 1981; Johnson *et. al.*, 1999; Wells *et al.*, 2006)。Tate (1981<sup>a</sup>, 1981<sup>b</sup>) 調查都市中的挪威楓 (Norway maple)，發現環根常發生於地表之土壤淺層處，35% 只形成一條環根，46% 形成2~3條環根，19% 會形成4~9條環根，所有形成環根的根徑平均直徑為6.4cm，越近地表層所形成的環根會越粗大。環根多隱藏於土表淺層處而不易發現，當樹木地上部亦出現明顯環根徵兆時，該環根多已存在許久，甚至12~20年。樹根當其伸展碰到硬體障礙物或硬實土壤時，因無法正常地輻射向外伸長直走，不得已只好隨障礙物轉彎而形成環根 (Wilson, 1967;

Hauer & Johnson, 1997)。都市行道樹多栽植於人行道窄小植穴中，生育環境多不佳，植穴內之土壤亦較硬實，會影響根群之正常生長，植穴之硬體對根而言亦為一生長限制；這些因素都易導致行道樹地表淺根於植穴內形成環根，對都市行道樹造成另一方面的生長壓力。植穴過小亦可能導致環根出現。因此要避免環根形成，樹根伸展空間需充足，意即植穴需夠大，免樹根很快就長到植穴邊緣而被迫形成環根 (Johnson and Johnson, 2001)。

台中市區有數條街道之行道樹為刺桐 (*Erythrina variegata*)，刺桐為台灣本土樹木，觀賞性佳，頗富四季變化，春天綻放艷紅似火的花，初夏發出嫩葉，秋天枝茂葉盛，綠意盎然；冬天葉落，常被用來做為季節性的指標，所以有「四季樹」之名 (章錦瑜, 2011)。台中市之行道樹刺桐有不少粗壯老樹，多年來已經於人行道之窄小植穴內形成明顯之環根，且環根已經發展得相當粗大、且纏繞並密貼樹幹，對老刺桐樹之生長造成威脅。台灣以往有關環根方面的研究僅4篇 (章錦瑜, 2008<sup>a</sup>; 章錦瑜, 2008<sup>b</sup>; 章錦瑜, 2009; 章錦瑜、林怡凡, 2010)，未見針對刺桐環根之相關研究，亟待進行調查研究，因此本研究目的乃針對台中市區之行道樹刺桐，就其於植穴所形成之環根進行實地調查，探討環根現況，以及環根形成比率與胸徑之關係，並提出後續處理之建議，使目前已經形成環根之刺桐能獲得相關單

位之重視，並於執行處理時有所參考依據，使老樹得以永續。

## 二、方法

### (一) 調查樣區之選擇

本研究首先針對台中市街道之行道樹刺桐進行全面環根普查，以栽植刺桐數量較多之道路優先，並須包括各種類型與狀況，調查樣區之選擇原則如下：

1. 種植於植穴內，植穴尺寸多樣化。
2. 植株多樣化，包括各種株高、胸徑、冠幅、枝下高等。
3. 環根型態、量體多樣化。

4. 植穴地被種類多樣化。

5. 地上部出現環根所造成明顯之多樣化病徵，但以環根病徵嚴重者優先列入。

6. 維護管理方式多樣化。

7. 硬體、鋪面型式多樣化。

經由現場多次普查，並依據上述選擇原則，發現刺桐已發生環根且較符合前述選擇條件的道路有4條：雙十路一段（簡稱雙十路）、公益路二段（簡稱公益路）、中國醫藥大學附屬醫院停車場（簡稱中國醫藥大學）以及河南路二段（簡稱河南路），已形成嚴重的環根，因此選擇為主要調查之樣區。本研究共調查109株，詳見表1。

表1. 調查基本資料

Table 1. Basic survey information

地點	鋪面種類	植穴面積 (m <sup>2</sup> )	地被種類	株數
雙十路	水泥、連鎖磚、柏油、石地磚	1.4~24.0	無、金露花、矮仙丹、雜草	12
公益路	水泥、抵石子	0~4.0	無、金露花、草皮、雜草	62
中國醫藥大學	水泥	1.4	雜草	25
河南路	柏油	0	無	10

### (二) 調查樹種之基本資料

調查基本資料依各路段分別說明如下：

#### 1. 雙十路

調查南京路與自由路之間，植穴長與寬尺寸 (cm<sup>2</sup>) 共有6種：300×800、300×600、100×140、220×220、220×280、220×260，植穴面積1.4~24.0m<sup>2</sup>，是所有調查植穴面積較大者，植穴有些無地被，鋪面較多樣化。

#### 2. 公益路

調查文心路一段與精誠路之間，有些植穴已被封死，因此面積為0，其他植穴之長與寬尺寸 (cm<sup>2</sup>) 共8種：80×80、90×90、100×100、120×120、100×150、100×175、170×170、150×265；調查植穴有些無地被，鋪面為水泥與抵石子。

#### 3. 中國醫藥大學

調查玉順街與五義街之間，植穴面積均為100×140 cm<sup>2</sup>。地被均為雜草，鋪面則均為水泥。

#### 4. 河南路

調查西屯路二段與台中港路之間，均無植穴、無地被、鋪面均為柏油。

### (三) 調查方法

參考d'Ambrosio (1990) 以及Tate (1981<sup>a</sup>, 1981<sup>b</sup>) 調查方法，並針對本次調查樹種以及現地環境與環根形成狀況，再就研究目的等加以修正，而設計出適合本研究之調查方法。且為便於進行後續之統計分析，所有原始調查數據需進行分類與編碼，以下說明各調查項目之記錄與編碼方式：

#### 1. 胸高直徑 (diameter at breast height, DBH) :

簡稱胸徑，樹幹130cm高度處測量其胸

徑(金恆鏞譯, 1997), 先用布尺環繞樹幹一周, 得出周長後再換算成胸徑, 單位cm。胸徑每10cm為一級,  $\leq 10$ cm為1, 依序之分級準則(級數)為: 10~19 (2)、20~29 (3)、30~39 (4)、40~49 (5)、50~59 (6)、60~69 (7)、70~79 (8)、 $\geq 80$  (9)。

## 2. 植穴面積

本次調查之所有植穴均為矩形, 測量每一個植穴內部之長度與寬度, 再計算出其植穴面積, 以 $m^2$ 為單位。植穴面積a: 無植穴為0,  $0 < a < 1$  (1)、 $1 \leq a < 2$  (2)、 $2 \leq a < 6$  (3)、 $a > 6$  (4)。

## 3. 環根形成

每株調查樹木於植穴內出現非輻射狀走向之根, 即記錄為環根, 形成環根者再調查以下項目, 需測量之項目均於現場直接以量尺測量並紀錄, 單位cm。

### (1) 環根與樹幹最近距離

樹木於植穴內所有形成之環根中選取最近樹幹之環根, 測量該環根與樹幹間的直線距離。

### (2) 離樹幹最近之環根直徑

樹木於植穴內所有形成之環根中選取最近樹幹之環根, 於最貼近處測量其直徑。

### (3) 環根與硬鋪面之最近距離

樹木於植穴內所有形成之環根, 自其中選取最貼近植穴與鋪面之環根, 測量該環根與硬鋪面之最近直線距離。

### (4) 環根沿植穴周邊形成比率 (%)

於調查街道現場, 針對每一調查刺桐之植穴測量其長與寬度, 並垂直向下、且四個方向(東、南、西、北)拍照, 計算植穴周長、以及該植穴內形成之所有密貼邊框之環根總長度, 依據下列公式, 計算環根沿植穴周邊形成比率(%)。

環根沿植穴周邊形成比率 (%) = 植穴內密貼邊框之環根總長度/植穴周長  $\times 100\%$

分類與編碼: 0% (1)、1~25% (2)、26~50% (3)、51~75% (4)、76~100% (5)。

## 4. 地形類型:

全部調查路段之地形均為下陷式類型, 係指植穴內之土壤高度較植穴外低。

## 三、結果與討論

本研究調查刺桐共109株, 70株已形成環根, 比率為64.2%, 調查地點共4條街道, 分別就各街道說明調查結果如下:

### (一) 基本統計資料

針對胸徑、植穴面積、環根與樹幹最近距離、離樹幹最近之環根直徑、環根與硬鋪面之最近距離等5個項目, 進行描述性統計, 結果見表2。4路段之胸徑全距最大值79.19cm出現於雙十路, 最粗之胸徑115.86cm亦出現於雙十路, 此最粗壯之老刺桐其植穴面積 $24 m^2$  ( $8m \times 3m$ ), 雖相當碩大, 卻仍然形成環根。雙十路的刺桐較粗壯、平均胸徑較大(78.74cm)河南路胸徑差異較小, 全距僅22.22cm。植穴面積以雙十路之平均值較大( $12.58m^2$ ), 遠超過中國醫藥學院( $1.4 m^2$ )以及公益路( $0.58m^2$ ), 至於河南路則全無植穴, 公益路僅部份無植穴。

至於環根與樹幹最近距離, 4條道路之最小值均為0.00, 表示各道路都已出現環根緊貼樹幹者; 其中以河南路之全距較小(10.00), 顯示所形成的環根都較貼近樹幹, 可能是因為河南路全無植穴所導致; 但雙十路之全距則高達50cm, 推斷其原因可能為植穴面積較其他3路段明顯為大, 因此所形成之環根與樹幹之距離較遠。

離樹幹最近之環根平均直徑以雙十路較大(19.25cm), 河南路較小(9.50cm); 推斷其原因可能是因為雙十路之刺桐較粗壯, 因此所形成之環根也較粗大, 最粗者竟高達52.00cm非常壯觀, 但河南路平均胸徑較小, 所形成之環根徑也較小。環根與硬鋪面之最近距離, 則4路段所形成之環根均出現與硬鋪面密貼者, 環根與硬鋪面之最近距離以雙十路平均值較大, 卻亦僅1cm而已, 其餘3路段皆為0, 意即已緊貼, 推斷其原因可能為植穴面積影響其環根與

表2. 各路段刺桐形成環根之各調查項目基本統計資料

Table 2. Basic statistical data of girdling root formation on different steet

項目	基本統計	雙十路	公益路	中國醫藥學院	河南路
胸徑 (cm)	最大值	115.86	78.85	63.69	62.39
	最小值	36.67	24.13	32.91	40.17
	平均值	78.74	54.16	49.26	48.87
	全 距	79.19	54.72	30.78	22.22
植穴面積 (m <sup>2</sup> )	最大值	24.00	4.05	1.40	0.00
	最小值	1.40	0.00	1.40	0.00
	平均值	12.58	0.58	1.40	0.00
	全 距	22.60	4.05	0.00	0.00
環根與樹幹 最近距離 (cm)	最大值	50.00	45.00	47.00	10.00
	最小值	0.00	0.00	0.00	0.00
	平均值	16.25	5.63	9.90	1.67
	全 距	50.00	45.00	47.00	10.00
離樹幹最近 之環根直徑 (cm)	最大值	52.00	52.00	35.00	13.00
	最小值	4.00	3.00	1.80	3.00
	平均值	19.25	14.50	14.59	9.50
	全 距	48.00	48.00	33.20	10.00
環根與硬鋪面 之最近距離 (cm)	最大值	8.00	0.00	0.00	0.00
	最小值	0.00	0.00	0.00	0.00
	平均值	1.00	0.00	0.00	0.00
	全 距	8.00	0.00	0.00	0.00

硬鋪面間之距離，植穴過小較易導致根系無法正常生長，多已長至硬鋪面而形成環根。

所有調查刺桐之環根基本統計見表3，本次調查「環根與樹幹最近距離」以及「環根與硬鋪面之最近距離」之最小值均為0，顯示所形成之環根已經緊貼樹幹，雙十路有2株、公益路有21株、中國醫藥學院8株、河南路有5株，共計36株，所有形成環根之刺桐，其環根已經緊貼樹幹之比率已經過半(51.43%)，急需將壓迫樹幹的環根切除。環根與樹幹最近距離

之平均值亦僅7.79cm，顯示環根與樹幹已經相當接近，不多久之後，就可能密貼。離樹幹最近之環根直徑最粗者已達52 cm，相當驚人，平均直徑為14.64 cm，亦相當粗壯。

至於環根與硬鋪面(植穴)之最近距離為0，表示環根已生長至植穴周邊鋪面並緊貼，雙十路有7株(87.5%)僅1株尚未密貼，但公益路、中國醫藥學院以及河南路則所有形成環根的刺桐，其環根均已經緊貼植穴周邊鋪面，所有發生環根之刺桐，其環根緊貼植穴之比率高

表3. 所有調查刺桐之環根基本統計

Table 3. Basic data on girdling roots formation of *Erythrina variegata*

調查項目 (cm)	最大值	最小值	平均數	全距
環根與樹幹最近距離	50.00	0.00	7.79	50.00
離樹幹最近之環根粗細	52.00	1.80	14.64	50.20
環根與硬鋪面之最近距離	8.00	0.00	0.11	8.00

達98.57%。調查之4路段所形成之環根已歷經多年，現地觀察發現這些環根從未處理，但如此粗大且緊貼樹幹之環根，會嚴重影響刺桐之生長，因此亟待有關單位儘速針對環根進行適當之處理，讓這些可生長百年以上的老刺桐，免除老年時被環根纏勒導致生長受到威脅之迫害。

#### (二) 胸徑與環根形成比率之相關性

於各路段之胸徑分佈、不同胸徑形成環根之比率（形成環根株數/調查總株數（%）），以及所有調查刺桐之環根形成比率見表4，其中如雙十路胸徑70~79cm表格中之數據2/4（50.0%），表示共調查4株，2株形成環根，因此形成環根之比率為50.0%；另外，形成環根%為66.7%（6/9），乃指4個路段胸徑70~79cm共計9株，其中6株形成環根。雙十路刺桐多老樹，除2株胸徑<60cm，其他10株之胸徑均超過60cm、甚至>80 cm還有4株（50.0%）；其他

3處路段都沒有>80 cm者。調查株數以公益路較多（62株），佔所有調查株數超過5成，包括多種胸徑，分佈範圍亦較廣泛（20~79cm）；中國醫藥學院的刺桐胸徑多分佈於40~59cm；河南路株數較少僅10株，胸徑亦僅出現於3分級（40~69cm）。中國醫藥學院環根形成比率較大（84.0%），其次為雙十路（66.7%）與公益路（65.5%），較低者為河南路（60.0%），4個路段環根形成比率皆超過60%，可見刺桐種植於植穴內頗容易發生環根。比較此次所有調查之109株刺桐之環根形成比率，僅胸徑<20cm未形成環根，胸徑30~39cm之環根形成比率為53.8%，胸徑>40cm則高達70%以上。將胸徑分級與形成環根之比率進行Pearson相關分析，相關係數為0.876\*\*，顯示胸徑與環根形成比率具顯著之高度正線性相關，當胸徑越大、形成環根之比率也越高，亦即刺桐樹幹越粗壯、越容易形成環根。

表4. 各路段於不同胸徑形成環根之比率（%）

Table 4. Ratio of girdling root formation at different DBH on different steect

胸徑 (cm)	雙十路	公益路	中國醫藥學院	河南路	小計
10~19	0/0 (0.0)	0/6 (0.0)	0/0 (0.0)	0/0 (0.0)	0/6 (0.0)
20~29	0/0 (0.0)	3/13 (23.1)	0/0 (0.0)	0/1 (0.0)	3/14 (21.4)
30~39	1/1 (100.0)	2/6 (33.3)	4/5 (80.0)	0/1 (0.0)	7/13 (53.8)
40~49	0/0 (0.0)	6/10 (60.0)	6/7 (85.7)	3/4 (75.0)	15/21 (71.4)
50~59	0/1 (0.0)	9/9 (100.0)	10/11 (90.9)	2/3 (66.7)	21/24 (87.5)
60~69	1/2 (50.0)	11/13 (84.6)	1/2 (50.0)	1/1 (100.0)	14/18 (77.8)
70~79	2/4 (50.0)	4/5 (80.0)	0/0 (0.0)	0/0 (0.0)	6/9 (66.7)
≥80	4/4 (100.0)	0/0 (0.0)	0/0 (0.0)	0/0 (0.0)	4/4 (100.0)
小計	8/12 (66.7)	35/62 (65.5)	21/25 (84.0)	6/10 (60.0)	70/109 (64.2)

註：株數比（%）

(三) 植穴面積與形成環根之比率

109株刺桐栽植於無植穴者計22株(20.2%)，植穴面積 $1 \leq a < 2$ 有62株佔較多(56.9%)。刺桐於各路段不同植穴面積所形成環根之比率見表5，中國醫藥學院植穴面積皆為 $1.44m^2$ ，河南路植穴均 $< 2m^2$ ，雙十路之植穴面積多 $> 2m^2$ 。若就各路段比較環根發生比率與植穴面積之趨勢較不明顯。但公益路從無植穴至植穴面積 $2m^2$ 以上皆有，但以無植穴者形成環根之比率高達95.5%；至於植穴面積 $>$

$2m^2$ 的2株刺桐均形成環根，乃因它們的胸徑均 $> 60cm$ ，說明樹幹粗壯的老株雖生長於較大植穴仍形成環根。雙十路亦發生相似趨勢，植穴面積 $> 6m^2$ 的4株刺桐，胸徑介於 $73.75 \sim 115.86cm$ ，這些非常粗壯的刺桐亦都全部形成環根；且環根本身亦非常粗壯，甚至離樹幹最近之環根直徑高達 $52cm$ 。因此影響環根形成比率除胸徑外，植穴面積亦可能為一影響因子，但相關分析卻未達顯著性，可能因樣本數不足之故。

表5. 植穴面積與形成環根比率

Table 5. Planting hole area on the ratio of girdling root formation

植穴面積 ( $m^2$ )	雙十路	公益路	中國醫藥學院	河南路	小計
0無植穴	-	21/22 (95.5)	-	-	21/22 (95.46)
$0 < a < 1$	-	2/6 (33.33)	-	3/6 (50.00)	5/12 (41.67)
$1 \leq a < 2$	1/1 (100.0)	10/32 (31.25)	21/25 (84.0)	3/4 (75.00)	35/62 (56.45)
$2 \leq a \leq 6$	3/7 (42.86)	2/2 (100.00)	-	-	5/9 (55.56)
$a > 6$	4/4 (100.00)	-	-	-	4/4 (100.00)

註：株數比 (%)

(四) 環根沿植穴周邊形成比率 (%)

所謂環根沿植穴周邊形成比率 (%)，乃計算植穴內密貼邊框之環根總長度/植穴周長之百分比，環根沿植穴周邊形成比率越高，表示該樹木於植穴內、密貼邊框所形成環根總長度越長，各路段刺桐之環根沿植穴周邊形成比率見表6。除雙十路外，其它3路段環根沿植穴周邊形成比率均高達80%以上，表示密貼邊框所形成之環根已超過植穴的3個邊長。僅雙十路比較特殊，因其植穴周長較其他3路段為大，且形成環根的刺桐87.5%都有著較大的植穴，環根形成於植穴內，植穴週長若較大，相形之下，環根沿植穴周邊形成比率會較低。將所有發生環根的刺桐，就其植穴面積與環根沿植穴周邊形成的比率進行Pearson相關分析，相關係數為 $-0.516^{**}$ ，呈顯著之負線性相關，說明當植穴面積越大時，環根沿植穴周邊形成比率呈線性遞降，根由幹基發生，當碰到植穴硬體

時，根就會沿著植穴邊緣彎曲而形成環根，植穴面積越大時，根延伸至植穴周邊的時間會增加，因而比率會降低。

(五) 各路段形成環根特色

雙十路共調查12株，其中8株形成環根，於本次調查4路段中平均胸徑與植穴面積均為較大者，此路段所形成之環根相當粗肥，常圍繞著樹幹並與其他地面根於植穴內已擠壓合生為一；於調查結束後不久，此路段因整修道路，大部分已形成環根之刺桐被修根，但環根卻未完全切除，仍殘留局部環根圍繞著樹幹。公益路共調查62株，35株形成環根，此路段環根有2個特色，其一胸徑較大的刺桐，其植穴被樹幹與環根填滿，形成植穴無空隙之狀態，且環根還延伸至鋪面與路緣石的縫隙中生長，且將路緣石推移分離；另外則於同一植穴內發生數條環根與根系互相交錯盤踞。中國醫藥大學路段共調查25株，21株形成環根，植穴面積

表6. 刺桐環根沿植穴周邊形成比率

Table 6. Ratio of girdling root formation around the planting hole

分級%	雙十路	公益路	中國醫藥學院	河南路	小計
0	3/8 (37.5)	-	1/21 (4.8)	1/6 (16.7)	5/70 (7.1)
1~25	1/8 (12.5)	4/35 (11.4)	1/21 (4.8)	1/6 (16.7)	7/70 (10.0)
26~50	3/8 (37.5)	1/35 (2.9)	1/21 (4.8)	-	5/70 (7.1)
51~75	1/8 (12.5)	5/35 (14.3)	4/21 (19.0)	-	10/70 (14.3)
76~100	-	25/35 (71.4)	14/21 (66.6)	4/6 (66.6)	43/70 (61.4)
平均值%	45.00	89.14	87.62	83.33	83.14

註：發生該分級之株數/全部株數 (%)

均為1.4m<sup>2</sup>，但因植穴周圍紅磚過高，導致環根於植穴下方以及植穴內生長，造成層層環繞之現象。河南路共調查10株，6株形成環根，植穴因道路施工均被柏油覆蓋住，根系受到柏油路面以及周圍水泥地的限制，使得根系只得圍繞著樹幹生長而形成環根。各路段形成多樣化之環根狀況，見圖1。

#### 四、結論

本研究針對台中市4條栽植刺桐為行道樹的街道，調查所形成之環根，發現刺桐之胸徑與環根形成比率具顯著之高度正線性相關，當胸徑越大、形成環根之比率也越高，亦即隨時間，當樹幹越粗壯後，越容易形成環根。影響環根形成比率除胸徑外，植穴面積亦可能為一影響因子，本研究可能因樣本數不足，相關分析未達顯著性。本次調查之鋪面種類包括：水泥、連鎖磚、柏油、石地磚、抵石子與柏油等，但對根而言，它們一樣都是硬體構造物，研究發現對環根形成並沒有任何差異。根由幹基發生，當根伸長觸及硬體無法延伸時，就會轉彎而形成環根；當植穴面積越大，根延伸至植穴周邊的時間就會增加，因此環根形成比率會降低，植穴面積與環根沿植穴周邊形成的比率呈顯著之負線性相關，顯示當植穴面積越大時，環根沿植穴周邊形成比率呈線性遞降。至於，環根與硬鋪面(植穴)之最近距離的調查，發現98.57%環根已生長至植穴周邊與鋪面並緊

貼，雙十路7株形成環根中、僅1株尚未密貼，但其他3條道路所有形成之環根，均已經緊貼植穴周邊與鋪面。各路段之「環根與樹幹最近距離」之最小值均為0，本次調查已有36株之環根已緊貼樹幹，佔所有形成環根之51.43%，比率已經過半。環根調查的4個路段地形全為下陷式類型，環根沿植穴周邊形成比率平均值高達83.14%，不符合d'Ambrosio (1990) 發現產生環根的樹木多栽植於凸高的地形；推測可能原因是刺桐本身根生長之特殊性，於窄小植穴較容易形成粗壯環根，而其他影響環根形成因素似乎就沒有那麼明顯。

目前環根問題在臺灣亦已出現，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 (Pirone, 1941; Tate, 1980; d'Ambrosio, 1990; Watson *et. al.*, 1990; Johnson & Johnson, 1997; Hauer & Johnson, 1997; Johnson & Borst, 1999; Kerkhoff, 2004)，但國外調查之樹種，並非臺灣普遍栽植者，因此臺灣亦需及早展開此方面的調查，瞭解目前都市中栽植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，或儘量增加植穴面積；若不幸發生環根，亦需儘速切除 (Tate, 1981a; Watson *et. al.*, 1990; Johnson and Hauer, 2000; Karen, 2004; Wells *et. al.*, 2006)。

<p>本調查之最粗胸徑，已高達115.86cm</p>	<p>於整修鋪面時，並未完全切除環根</p>	<p>環根已密貼植穴生長</p>
<p>雙十路</p>		
<p>環根已經環繞窄小植穴一圈</p>	<p>環根於植穴內呈不規則狀生長</p>	<p>環根交錯環繞於植穴內</p>
<p>公益路</p>		
<p>已形成粗大環根</p>	<p>根受硬鋪面擠壓而形成環根</p>	<p>胸徑30~39cm就形成粗大環根</p>
<p>中國醫藥學院</p>		
<p>柏油鋪面限制而形成環根</p>	<p>環根已緊貼樹幹</p>	<p>環根已緊貼樹幹與硬鋪面</p>
<p>河南路</p>		

圖1. 各路段刺桐形成之環根

Fig. 1. Phenomenon of girdling root formation on different street

## 五、參考文獻

- 金恆鏞譯 (1997) 森林學概論 國立編譯館 台北。
- 章錦瑜 (2008a) 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。
- 章錦瑜 (2008b) 環根初探 中華林學季刊 41(2) : 283~293。
- 章錦瑜 (2009) 台中市垂榕環根形成規模與影響因素之研究 造園景觀學報 15(2) : 1~17。
- 章錦瑜、林怡凡 (2010) 垂榕之地表氣生根於不同鋪面之生長趨勢及其對硬體之破壞 林業研究季刊 32(3) : 75~88。
- 章錦瑜 (2011) 景觀喬木賞花圖鑑 (增訂再版) 晨星出版社 台中。
- Bradley, F. M. and Ellis, B. W. (1992). *Rodale's all-new encyclopedia of organic gardening: the indispensable resource for every gardener*. Rodale Press, Inc., USA.
- d'Ambrosio, R. P. (1990). Crown density and its correlation to girdling root syndrome. *J. Arboric.*, 16, 153-157.
- Hauer, R. J. and Johnson, G. R. (1997). *Survey of practitioner insight of girdling roots*. unpublished manuscript and data. University of Minnesota.
- Hudler, G. W. and Beale, M. A. (1981). Anatomical features of girdling roots. *J. Arboric.*, 7: 29-32.
- Johnson, G. R. and Johnson, B. (1997). *Sugar maple conditions related to deep planting and stem girdling roots*. Unpublished manuscript and data. University of Minnesota.
- Johnson, G. R. and Borst, J. E. (1999). *The effects of soil depth over main order roots on green ash and lindens*. Unpublished survey data. University of Minnesota.
- Johnson, G. R. and Hauer, R. J. (2000). *A practitioner's guide to stem girdling roots of tree*. College of Natural Resources University of Minnesota.
- Johnson, G. R. and Johnson, B. (2001). Stopping stem-girdling root damage. *American Nurseryman*, 194(3), 32-34.
- Johnson, G. R., Hermann, J., Holman, K., and 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.
- Kerkhoff, K. L. (2004). How to identify & treat girdling roots. *Grounds Maintenance*, 39(1), 68.
- Pirone, P. P. (1941). *Maintenance of shade and ornamental trees*. Oxford University Press. NewYork.
- 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, Mich.
- Tate, R. L. (1981a). Characteristics of girdling roots on urban Norway maples. *J. Arboric.*, 7(10), 268-270.
- Tate, R. L. (1981b). Bole characteristics associated with girdled Norway maple trees. *J. Arboric.*, 7(11), 308.
- Watson, G. W., Clark, S., and Johnson, K. (1990). Formation of girdling roots. *J. Arboric.*, 16, 197-202.
- Watson, G. W. and Clark, S. (1993). Regeneration of girdling roots after removal. *J. Arboric.*, 19, 278-80.
- Wells, C., Karen, T., Judy, C., Donald, H., Smiley, E. T., and Michael, S. (2006). Effects of planting depth on landscape tree survival and girdling root formation. *Arboriculture & Urban Forestry*, 32(6), 305-311.
- Wilson, B. F. (1967). Root growth around barriers. *Botanical Gazette*, 128, 79-82.