

長山核桃的品種改良

Fruit Breeding in Pecan

歐錫坤

台灣省農業試驗所園藝系

一、胡桃科植物的分佈與進化：

全世界胡桃科 (Juglandaceae) 植物有 9 屬 71 種，間斷分布于歐洲、亞洲和美洲，絕大多數種類分布于北半球，極少分布到南美洲。基本上屬溫帶植物，但對亞熱帶、熱帶地區森林氣候有著廣泛的適應性。其在中國的分佈有 7 屬 28 種詳見表 1。

表1· 胡桃科植物在中國各省(區)或地區分布的種數

省或地(區) 種 屬 數	雲 南	貴 州	西 藏	四 川	廣 東	廣 西	湖 南	湖 北	河 南	台 灣	福 建	浙 江	江 西	江 蘇	安 徽	山 東	河 北	山 西	內 蒙 古	陝 西	甘 肅	西 北	東 北	
黃 杞 屬	5	2	1	1	5	4	1			1	1	1	1											
楓 楊 屬	4	2		5	1	1	1	4	1		1	2	1	1	1	2	1			4	1			1
青錢柳屬	1	1		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1									
胡 桃 屬	3	3	2	3	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	3	3	1	2	2	1	2	2
山核桃屬	1	1				1	1					1			1									
啄核桃屬	1	2				2	1																	
化 香 屬	1	2		1	2	2		1	1	1	1	1	1	1	1					1	1			
總 屬 數	7	7	2	5	5	7	6	4	3	3	5	6	5	4	5	2	2	1	1	3	3	1	2	
總 種 數	16	13	3	11	10	13	7	8	4	3	6	8	6	5	6	3	4	3	1	7	4	1	3	

資料來源：路安民，1982

長山核桃 (*Carya illinoensis* Knoch) 屬於山核桃 (*Carya Nutt.*)，此屬是胡桃科中演化最高級的屬。Manning(1978) 認為山核桃屬和胡桃屬 (*Juglans L.*) 在雄花與雌花的總苞組成、心皮和柱頭的位置，木材解剖、孢粉類型，髓的式樣等重要特性都十分不同，它們是平行進化結果。Stone(1973) 根據果實演化、木材解剖及孢粉的研究，認為山核桃屬是較進化的一個屬。路安民 (1982) 認為，這兩個屬在胡桃科演化的早期就已分化且沿著不同路線發展。

此屬計18種分爲3組，分布東亞和北美。(1)裸芽山核桃組 (Sect. *Sinocarya*) 是最原始的一組 (張若惠、路安民，1979) 共有5種，除 *C. cathayensis* Sarg 分布於浙江北部和安徽東南部外，另有 *C. hunanensis* Cheng et R.H. Chang, *C. kweichowensis* Kuang et A.M.Lu, *C. tonkensis* Lecomt., *C. polanei* (Chev) Leroy 等4種分布於湖南西南部，貴州南部，廣西西部，雲南東南部到越南北部和老撾，形成了山核桃屬在東亞的分布中心，也很可能是發源。(2)山核桃組 (Sect. *Carya*) 8種。(3)鑷合芽鱗山核桃組 (Sect. *Apocarya*) 5種。此兩組植物的冬芽都具包被的芽鱗，只是前者芽鱗爲覆瓦狀排列而後者爲鑷合狀排列。它們比起裸芽山核桃組 (芽裸露而無芽鱗) 來的進化，這顯然是在進化過程中適應溫帶氣候而發展出來的。這兩組共計13種，星散分布在美國東部和東南部，形成次生產發展中心而向西南分布到墨西哥北部。

二、品種改良的歷史：

山核桃 (*Carya cathayensis* Sargent) 別名昌化山核桃爲中國重要乾果之一，原產中國大陸，自古以來處於半栽培野生狀態，多爲成片的山核桃純林，作爲果樹栽培，其歷史不過數十年。它的分布範圍集中在浙江省的臨安、淳安、桐廬、分水、孝豐、安吉；安徽省的寧國、歙縣、黟縣、旌德和績溪等縣。其中以浙江省臨安縣的昌化地區所產生核桃最多，占總產量 (9,000-10,000噸) 的60%以上，品質也最優。而長山核桃 (*C. illinoensis* Koch.) 我國于19世紀末20世紀初由美國引入，在江蘇南京植株生長健壯，結實良好，很有發展前途，兩者主要性狀的區別詳見表2。

表2. 山核桃與長山核桃主要性狀的區別：

種名	山 山 核 桃	長 山 核 桃
項 目		
樹 高	30m	54m以上
樹 皮	光滑，灰白色	有深溝，黑褐色，
芽	裸芽	鱗芽
葉	羽狀複葉由5—7片小葉組成，無香氣	羽狀複葉由11—17片小葉組成，有香氣
每穗果實數	2個	2—10個

堅果形狀	卵形或廣卵形，略小	卵形或長橢圓形，較大
果殼表面	有細淺溝紋	光滑，有黑色斑紋
核仁	味澀，脫澀後才可食用	無澀味，採後即可食
成熟期	早（9月上旬）	遲（11月上旬）

資料來源：孫宏宇，1988。

至於長山核桃在北美洲的發展是很短暫的一段歷史，可說是仍處於早期的馴化階段。1520西班牙探險家Cabeza DeVaca 最先提及長山核桃，當初他的描述是沿著北美合眾國南部的河流前進，可以發現薄殼的“核桃”（Crane 等人，1937）。實際上北美印度安人與烏鴉最早進行篩選較大與較薄的堅果，以致演變成美國目前原生的長山核桃（Romberg, 1968）。

在長山核桃最初發展的50年內有400—500個栽培種被命名與繁殖推廣，其中約有20—30個栽培種仍繼續在美國栽培種植。這些栽培種包括目前仍然很普遍的“第一代”實生選拔種，'Desirable'，'Western Schley'，與' Cape Fear'。事實上在今天美國地處半乾旱性的長山核桃生產帶，'Western Schley'仍被認為是最佳的栽培種，尤其是採用集約高密度的種植方式（Malstrom 等人，1978）。早期有些熱心的業餘人士嘗試以人工雜交的方式來改良品種，但都沒有結果，只有美國農部（USDA）於1968年推出'Caddo'一品種，此一品種是在1920所進行的雜交之一。

美國最有名的長山核桃育種家是L.D. Romberg，從1923至1968年間Romberg 雖然只得到政府少許的支持，但他卻很有活力地在德克薩斯州Brownwood 的USDA W.R. Poage Pecan Field Station從事品種改良工作，這個工作站也可稱為世界獨一無二的長山核桃育種中心，其育種的主要目標是在於改進品質與產量（Madden 與Malstrom, 1975）。直到1975以後才加強抗病育種，主要病害是由Fusicladium effusum Wint. 所引起的瘡痂病（scab）(Madden, 1968)。美國農部於1953至1973年間從他的雜交中，推出12個栽培種，其中有些是他的後繼者G.D. Madden所推出（Madden 與Malstrom, 1975）。

長山核桃的生產事業至很晚才走向現代所謂“高密度”或“小樹型”的密集栽培管理觀念。由於經濟方面的壓力，此一理念幾乎是世界性的，而長山核桃的生產者至1960年代才開始嘗試新的栽培方式。但是Romberg與Madden 當初所推出的栽培品種如'Wichita'，'Sioux'，'Cheyenne'，'Cherokee'，'Chickasaw' 與'Shoshoni'等栽培種，雖具有早熟，豐產，及樹型緊密的特性（Madden與Malstrom，1975）但並非針對此一革命性的栽培管理需要而標定選種目標，結果是使此一產業面對一個育種代溝與真空的局面，致使目前使用的栽培種有很多嚴重的缺點，可見育種目標與優先順序應以未來果園發展所需求的眼光，盡快地重新評估與調整。

三、目前育種目標：

(一)、早熟品種：大多數老的長山核桃栽培種需種至第8年以後，才能開始生產果實，目前產業上急需較早熟品種，於種植後第4年即能生產果實，而且種植密度亦能提高。(二)、隔年結果：為減少市場價格的波動，隔年結果的習性是有必要改善的，才能提供市場穩定的堅果供應。(三)、成熟期早：栽培種之堅果在生長季中較早成熟是非常重要的，成熟早賣的價格較高，且在季節性的加工時較為有利。(四)、堅果大小適中：較小型的堅果，在果實發育過程中，種仁充實度較佳。再者市場導向以去殼種仁為主，大型堅果的存在價值降低。(五)、殼厚度適中：隨著完全機械化的採收方式，以往重視薄殼的要求已經不合適，目前對於殼厚度的要求是能忍受機械採收所造成的傷害。

四、育種系統：

由於同花中雌雄蕊異熟 (dichogamy) 的結果，長山核桃在自然界中是雜交授粉。“雌雄異熟”是由一對基因所控制，PP或Pp為雌蕊先熟 (protogynous) 型，而pp為雄蕊先熟 (protandrous) 型。由於天生強迫性雜交的結果，長山核桃是維持很高比率的異形結合的狀況。從自交與雜交的實生苗後代來評估種子活力，發現自交所得種子活性弱 (Romberg與Smith, 1950)；且在一連串的自我、雜交及兄妹 (sib) 授粉中，只要當柱頭能有效接受花粉時，及時提供花粉，堅果著果率都相當不錯，並沒有任何證據顯示花粉與柱頭具有不親合性的現象存在。

(一)、雜種與雜交

約1850年開始從實生苗選拔優良單株，以改進當地長山核桃的品質。大部份長山核桃較老的栽培種皆以此種方式產生。目前很多商業性重要品種也是來自於簡單的選拔結果。這些選拔工作多半由業餘育種家或一些種植長山核桃的熱心人士所參與。

20世紀初期才開始進行人工雜交授粉，在1950年代中期，被推薦栽培的品種多半是由雜交計畫而來的。首先選拔理想的父母本後。再進行雜交工作，已被證明是獲得優越基因型的最佳方法。在長山核桃產業的實際需要上逐漸變得很特殊，如未來栽培種的基因工程方面需要更能適應機械採收，更加早熟，更加豐產，每年的產量更加穩定。要達成這些目標最好要經由更科學化地控制雜交計畫。

當與目前的栽培種比較時，便可發現很多從當地實生選拔的地方品種更具有抗病的特性，由此顯示從本地種的材料可獲得具有抗病性的基因。利用人工誘致突變與誘致多倍體的產生，在改進長山核桃生產上被認為價值不大。但是只執行有限的研究計畫而已，要得到更肯定的結論必需有待更進一步的研究。

(二)、種間雜交

涉及山胡桃 (hickory) 的物種 (Species) 分類上是相當混淆，Mckay (1961) 認為部分是

由於自然雜交所造成的中間過度形式。C. aquatica與 C. illinoensis(pecan) 染色體數目 $2n=32, X=16$ 。而 C. tomentosa, C. glabra與 C. ovalis 等為四倍體 ($2n=64$)。

長山核桃(pecan)與山胡桃(hickory)兩者間的自然雜交後代稱為“hicans” (Mckay, 1961)。
。Hican實生苗所表現所有性狀的變異性非常大，但是不論是樹性或堅果特性通常是介於長山核桃與山胡桃兩者母體之間。雖然厚、重的皮(hull)通常與厚的殼(shelled)成正相關 (Mckay 1964)，但有些山胡桃實生苗殼雖很厚，但也有大且薄殼的堅果。

最有名的 hican來自長山核桃與 C. laciniosa(shellbark) 雜交。大多數的雜交後代皆沒有繁殖能力，並且很少能產生成熟果實。Mckay(1961) 認為因為堅果產量低，樹體傾向旺盛的營養生長。從雜交來的Hican 栽培種有 'McCallister', 'Gerordi', 'Bixbyi', 'Burlington'，和 'Koon' 等，但因為產量很低，雜交後代大都遭到被淘汰的命運。

長山核桃與 C. cordiformis (bitter nut)的雜交後代如 'Lacey' 和 'Pleas' (Mckay 1961) 種仁具有像 bitter nut 一樣的澀味，但其他特性方面，大都介於雙親的中間型，此一種間雜交，所得實生苗後代產量較 pecan x shellbark 的雜交體高。

長山核桃 x C. ovata (shagbark) 所長生的雜交後代為如 'Burton', 'Henke' 和 'Pixley' 等，通常皆較耐寒 (MacDaniels, 1969)，以種植在北方為主 (Mckay, 1961)。

Water hickory (C. aquatica) 對改良長山核桃而言，具有抗病基因。目前對長山核桃危害最嚴重的病害 scab, water hickory 對 Scab (Fusicladium effusum wint) 的抗病性很強。C. glabra與 C. tomentosa 對 leaf spot (Gloeosporium caryae) 的抗病性亦很強。因為此二物種是為 4 倍體，不太可能與長山核桃雜交。將這些主要病害的抗病因子導入長山核桃，可能需要育成四倍體的長山核桃 (Mckay, 1961)。

五、特殊性狀的育種：

有關長山核桃育種行為的觀察，Romberg與Smith(1950)認為和特徵；相對殼與種仁的重量和種仁的外形等性狀通常都受環境所影響。然而葉葇花序 (catkin) 的種類，柱頭的形狀與顏色，雌雄蕊異熟的種類，總苞的厚度，縫合線的種類。皮目種類及分布以分枝的種類等性狀，通常不受環境的影響與作用。由一對因子控制的性狀包括雌雄蕊異熟與柱頭顏色。

在雌雄蕊異熟中，雌蕊先熟是由一對顯性因子 (PP or Pp) 所控制，雄蕊先熟是一對隱性因子 (pp) 所造成的。栽培種 'Mahan' 是同型結合子 (pp) 所形成的雌蕊先熟，而 'Schley', 'Stuart', 'Cutis', 'Odom', 'Brooks' 等為異型結合子所組成的。很多栽培種自然產生雌蕊先熟兩類型，自然發生雜交授粉是很正常的現象。

(一)、樹的性狀：

目前最迫切性的需求是早結實性的品種，因為生產者盼望能夠及早收回他們投資的本錢 (Madden, 1972b)。很多老的標準栽培種直到種後第 8 至第 10 年才能生產果實，此即表示單位面

積的回收減少。

1972年Meadows 評估一個早結實性，且豐產的品種，每英畝種50株(0.4ha) 在第 8 至第10 年生)，每年產量可高達2000磅(900公斤)，約值700 美元。然而大多數早結實性品種約在12 年生後進入盛產期。若以葉面積來衡量，則發生超產現象，導致堅果變小，品質變差，此種類型的品種必須以修剪來控制產量和控制樹形大小。

大多數早熟品種天生具有良好的分枝特性(Maddem, 1972b)，其分枝角度大，不易被風或果實與葉片的重量所折斷，栽培種 'Wichita' 枝條就很容易折裂。較早結實性的品種通常易誘發短枝的生長(良好的側枝)，此一特性將更適合機械的修剪，因為有效的果芽多半在修剪帶的內側。

不論野生林或人工改良品種，大型長山核桃樹傾向不規則結果。不規則結果習性的發生是一種生理作用，產量過高相對的具有功能的葉面積也相對地減少(Worley, 1971)，對早結實性品種進行適當的整枝修剪，將可使每年的產量穩定些。

(二)、堅果的特性：

總苞的開裂與遺傳特性有關，總苞較薄者通常較總苞厚者開裂得早(Romberg 與 Smith, 1950)。總苞較晚開裂，會延緩採收並且誘致堅果在總苞內萌芽。總苞若能一致開裂，將減少採收的次數，節省採收的費用。

優良長山核桃的種仁必備條件需有高的含油量，風味良好，纖維少，顏色淡，表面光滑及良好的貯存品質。不良的種仁表面有黑點顏色較深，且易發生腐臭現象(Romberg與Smith 1950)。

帶殼出售的大長山核桃以18—22個／1 公斤為主；中等至小的長山核桃則超過22個／公斤。通常小型長山核桃較受歡迎，因其油份較高，風味較好，種仁較結實。

栽培者較喜歡種仁含量在50—60%的品種，殼必需稍硬且縫合度強，才能忍受機械的採收以及清理過程中所受的損害。破裂的殼易遭受病原菌的感染，造成在貯存時種仁的損害。

六、成就與展望：

長山核桃育種的目標與方法與19世紀相比較，已改變很多。早期的育種強調抗病性，葉面積多，高產量，大型且殼薄的堅果。目前產業需要的是結實性，豐產，堅果飽滿且早成熟。農業機械化的趨勢，促使較小樹型的研究與發展，導致較高密度的種植，使得堅果更適合機械採收，清理與脫殼等。由於農業用地的驟速減少，更有必要育成長山核桃的新品種能更廣泛地適應具有潛力的長山核桃生產區。

育種計畫是項長期的工作，如L.D. Romberg從事35年的育種工作，至最近才開始產生成效。USDA過去10年間推出不少新品種，但更期望的是將來推出的新品種更能適應這個激盪的產業。與其他園藝作物相較，雜交對長山核桃品種改良還是相當的新鮮。在瞭解更多長山核桃的遺傳模式

後，育種家將有更佳的能力來選拔雜交父母本，以便育成更理想的栽培種。

參 考 文 獻

1. 孫宏宇 · 1988 · 山核桃 · pp.806—818 · 中國農業科學院鄭州果樹研究所與柑桔研究所主編，中國果樹栽培學。農業出版社。
2. 路安民 · 1982 · 論胡桃科植物的地理分布 · 植物分類學報 20(3):257-274。
3. 張若惠、路安民 · 1979 · 中國山核桃屬的研究 · 植物分類學報 17(2):40-44.
4. Crane, H.L., C.A. Reed, and M. N. Wood. 1937. Nut beeding, . p.827-856. In: Better plants and animals. USDA Yearbook of Agriculture.
5. MacDaniels, L.H. 1969. Hickories, P.190-202. In:R. A. Jaynes(ed). Handbook of North American nut tres. Geneva, N.Y. Humphrey Press, Inc.
6. Madden, G.D. 1968. Potential varieties for the southeast through the USDA pecan breeding program. Proc. S.E. Pecan Grs. Assoc. 61:27-52.
7. Madden, G.D. 1972. Pecan varieties for high density plantings. Pecan Quart. 6(3): 9-10.
8. Madden, G. D. and H. L. Malstrom. 1975. Pecans and hickories, p.420— 438. In: J. Janick and J.N. Moore(eds.). Advances in fruit breeding. Purdue Univ. Press, West Lafayette, Ind.
9. Malstrom, H. L., G.D. Madden, and M. W. Kilby. 1978. Pecan cultivars, pollinators and rootstocks for western districts. Pecan Quart. 12(4):4-9.
10. Manning, W.E. 1978. The classification within the Juglandaceae. Ann. Missouri Bot. Garden 65:1058-1087.
11. Mckay, J.W. 1961. Interspecific hybridization in pecan breeding. Proc. Texas Pecan Growers Assn. 40:66-76.
12. Mckay, J.W. 1964. Hican seedlings, their origin and value. Proc. Texas Pecan Growers Assn. 43:67-70.
13. Meadows, W.A. 1972. High density hikes early yield. Pecan South, Ga. Farm. March: 10-11 °
14. Romberg, L.D. 1968. Pecan varieties in 1968. S.E. Porc. Pecan Grs. Assn. 61:56-65.
15. Romberg, L.D., and C.L. Smith. 1950. Progress report on the breeding of new pecan varieties. Proc. Texas Pecan Growers Assn. 29:12-21.
16. Stone, D.E.1973. Patterns in the evolution of amentiferous fruits. Brittonia 25: 371-384.
17. Worley, R.E. 1971. Effects of defoliation date on yield, quality, nutlet set, and foliage regrowth for pecan. HortScience 6:446-447.

討 論

張武男：請問Pecan在台灣栽培的經濟效益？

歐錫坤：台灣目前中海拔地區已經引種試種，本省若要種植的話是有可能的，因為在美國德州凡是種柿子的地方皆可種 Pecan，以此推測在本省種柿子的地方種 Pecan應屬可行。但 Pecan 生產是世界上最耗費能源的果樹之一，因其樹型巨大佔的空間就大、產量卻不多，且要用機械化操作才能合乎經濟原則，需要大量投資機械設備。

許圳塗：Pecan是否有果樹兼林產兩用種？

歐錫坤：原生 Pecan適合當木材用，因它的木質非常硬，是高級傢俱或槍托的材料，目前所種植的栽培種是以生產堅果為主。

許圳塗：它本身有沒有什麼親和性或自交不親和性的問題？

歐錫坤：Pecan自交是會結果的，其本身花器構造是屬於雜交作物，即雌雄蕊異熟，有些品種是先開雌蕊再開雄蕊，有的品種先開雄蕊後再開雌蕊，自交也會著果但有自交弱勢的現象。