

佩卿書長叔正

其書收錄

亞洲棉與美洲棉雜種之遺傳學及細胞學的研究

馮澤芳 著
曹誠英 譯

亞洲棉與美洲棉雜種之遺傳學 及細胞學的研究

目 次

- I. 引言
- II. 前人研究之結果
- III. 材料及方法
- IV. 亞美雜種棉株
 - A. 雜交可能性
 - B. 第一代雜種棉株之雜交勢
 - C. 第一代雜種植料之形態
- V. 第一代雜種之不孕性
 - A. 自交不孕
 - B. 返交不孕
 - C. 花粉不成熟
 - D. 胚珠不成熟
- VI. 親本之染色體數目
- VII. 雜種之染色體行動
- VIII. 總述
- IX. 參考文獻

(中華教育文化基金會科學研究論文)

A Genetic and CytoLogical
Study of Species Hybrids
of Asiatic and
American cottons..

馮澤芳著 曹誠英譯

I. 引 言

世界野生及栽培之棉，植物分類學家以之歸入棉屬 (*Gossypium*)，此屬內再分爲若干種。各家對於屬內之分類法，及種 (*Species*) 之數目，雖各有不同主張，但栽培之棉經分爲亞洲棉及美洲棉二大類，則大致無甚出入，即最近如 Zaitzev (1928) 及 Harland (1932) 之分類法，均與此相脗合。

按上述之分類法，則習見之本本棉 (*G. arboreum*) 中國棉 (*G. Nanking*) 等種屬於亞洲類，陸地棉 (*G. hirsutum*) 海島棉 (*G. barbadense*) 等種屬於美洲類。同類內各種可互相雜交，而異類間各種雜交則較難成功。Clark 於 1872 年時即以異種雜交爲不可能，(Watt 1907, P333) 但輓近實驗已漸有亞洲棉與美洲棉雜交可能之報告，惟異類雜交後之第一代若再使之自交或返交俱不孕育，此理至今尙未能解。

1924 年 Denham 發表之新世界棉與舊世界棉染色體數目一文中，嘗謂舊世界棉有染色體十三個，新世界棉有染色體二十六

個。1929年 Banerji 嘗證實此說。惟亞美棉雜交第一代之不能孕育，則遲至1931年夏季尚未有以細胞學解釋之。

著者對此亞美棉雜種之細胞學遺傳學關係殊引起興趣，乃於1931年開始研究，茲將所得結果報告如次。

II. 前人研究之結果

1. 關於棉之異種雜交者 (Interspecific crosses)

關於亞美棉雜交之成功，由俄國 Zaitzev 氏於 1923, 1925, 1926, 1927, 數年首先宣佈於世。彼雜交一千花以上，成功者僅二株。所用棉種，一爲草本棉，(G. herbaceum) 一爲陸地棉；前者用爲母本，後者用爲父本。所得之交雜種盛呈雜交勢，(Hybrid vigor) 但由此所得之雜種自交或返交均完全不孕；花粉粒亦呈畸狀。Zaitzev 對所用親本及所得雜種敘述甚詳。彼復於無意中得到五株之草本棉及陸地棉自然雜交種，亦有詳細敘述

1927 年 Desai 氏嘗作同樣試驗，用同樣之父母，彼用各種方法處理柱頭，成功者約得百分之點五至百分之二十。凡幼鈴在受粉後留於株上三十日者，彼均認爲雜交成功。因彼所植之棉株於後期幾全爲枯萎病所毀，所留者僅一株，此株結一鈴，種植後得一株雜種，雜交勢甚盛，但只開花而不結鈴。彼稱此交雜種之花藥似甚健全；花粉粒及子房亦不呈何異狀。當彼用此花粉與親本返交時，彼復謂兩者俱屬成功，所得種子於下年復植之。但彼對於由返交之後裔並未續有敘述。

1931 年 Nakatomi 氏以美棉及亞棉反互交配時嘗得以下之結果：

親 本	交配數	所得棉鈴數	所得種子數	雜種株數
草本棉 × 陸地棉	52	11	30	0
陸地棉 × 草本棉	91	2	3	2
草本棉 × 海島棉	21	0	0	0
海島棉 × 草本棉	28	1	2	1

從上表 Nakatomi 乃結論曰：「於同屬內異類間相互交配中，母本用多數染色體者，其結果每較用少數染色體者為佳。」彼對所用親本及所得第一代雜種之各項形態曾作簡略之比較。第一代交雜種雖甚旺盛，但全不孕育，故彼又言此種花粉粒殊無用處。

1932 年 Harland 氏嘗作下列簡略之發表曰：「我嘗以美棉亞棉交配數千次，用亞洲棉作母本者一無所得；以美棉作母本者，則得雜種二株。其一為海島棉與木本棉之 *Sanguisea* 亞種交配，雖胚珠不孕，但所得之花粉粒殊可用，蓋確能與海島棉成交。與後者各種返交，俱得甚佳之結果也。質言之，我蓋得能健全成熟之棉凡八株。其五株中呈木本棉之紅葉色甚著，花亦呈多寡不同之紅色，此足以證明亞棉中之染色體或其部份中含有紅色因子(R)者被花粉帶以傳去也。此八株後復與海島棉之各種互交。三株中之雌雄兩方皆孕育，其後裔現正在研究中。」Harland 之研究，蓋已於美亞棉異類交配中，得進一步之成功矣。

Szymanek 及 Gavaudan 於1931年嘗報告其草本棉及陸地

棉交配成功。其第一代植科極似母本草本棉，但鈴之大小形態則似父本，尤以纖維品質爲然。1932年 Szyman k 復發表其草本棉及 *G. vitifolium* (美棉) 交配成功，其植科似母本較父本爲甚。

彼輩發表美棉亞棉有同數目之染色體，但對於雜種植科，無詳細敘述，故二棉交雜種之價值，實屬疑問。

除上舉各例之外，復有二例可舉。馮肇傳先生(私人通訊)於1920年在 Georgia State College 時曾嘗以 King (陸地棉)與中國白棉(中國棉)交配成功。雜種呈雜交勢甚盛，惟自交及返交則不孕育。1930年作者於中央大學農事試驗場內曾親見自然交雜種二株，亞棉美棉及介於二者間之狀態，俱有充分表現，雜交勢亦盛，惟自交返交則仍不孕育。

2. 關於棉之細胞研究者

1903年 Cannon 氏於海島棉及陸地棉交配而得雜種，嘗有精細之顯微鏡的研究。上述二棉俱屬美種。彼得雜種半數染色體凡二十有八。1910年 Balls 於研究埃及品種 Afifi (*G. Peruvianum*) 時得半數染色體爲二十。然二氏所得之半數染色體數目，於美棉似稍有出入，蓋後人研究，已另有證明也。

Nikoljava (見 Zaitzev 報告 1923 及 1926) 嘗分棉之染色體數目爲二類，亞棉(草本棉，中國棉，及 *G. obtusifolium*) 含染色體二十六，而美棉 (*G. hirsutum*, *G. barbadense*, *G. mexicanum*, *G. punctatum*.) 則爲五十二。

1924 年 Denham 對於新舊大陸各棉之染色體數目嘗作多量之研究，亞棉之經研究者爲 *G. arboreum*, *G. Cernuum*, *G. indicum*, *G. Mollisoni*, *G. Nanking*, *G. cernuum* × *G. indicum* 及 *G. arboreum* × *G. neglectum*。美棉之經研究者爲 *G. barbadense*, *G. hirsutum*, *G. mexicanum* 及 *G. peruvianum*。研究結果，亞棉得染色體十三(半數)其一較其餘爲大；美棉得半數染色體二十六，其二較其餘爲大。

1928 年 Beal 於美棉三種 (*G. hirsutum*, *G. barbadense*, 及 *G. peruvianum*) 亦得半數染色體二十有六。彼謂，「我之材料內所呈染色體之大小排列，由小至大，成爲階級，有五六粒較其餘特大」。

1929 年 Banerji 研究美棉中之四品種 (*G. hirsutum*) 及亞棉之二十八品種 (*G. herbaceum*, *G. neglectum*, *G. indicum*, *G. obtusifolium*, *G. cernuum*) 亦得與 Denham 相同之染色體數目；惟染色體之大小，則無特殊之差別。

Baranov 等 (Bavanov, Michailova, Ellenhorn) 1930 年於研究七種亞棉時 (*G. stocksii*, *G. arboreum*, *G. Nanking*, *G. obtusifolium*, *G. herbaceum*, *G. abissinicum*, *G. intermedium*) (見 1932 年 Emme 報告) 得染色體凡二十六，(體細胞) 於研究七種美棉時 *G. punctatum*, *G. hirsutum*, *G. palmeri*, *G. peruvianum*, *G. mexicanum*, *G. purpurascens*, *G. barbadense*) 得染色體凡五十二。(體細胞) 各染色體之形態，俱經

詳細觀察。染色體之臂等長或不等長，分叉或不分叉，有有附帶粒體，或無附帶粒體，(Satellites) 以及臂與附帶粒體之大小，俱經細察。其各種及各品種之 Karyotype 亦正在研究中。G. hirsutum $\times$ G. herbaceum 之第一代雜種中之十三個單價染色體 (univalent) 及十三個雙價染色體 (bivalents) 甚明顯。後者趨向二極時則不規則。

Zharbin 於 1930 年 (Emme 1932) 時亦嘗於 G. hirsutum $\times$ G. herbaceum 雜種中定出十三個單價染色體及十三個雙價染色體。

Nakatani 於 1931 年報告 G. herbaceum 中有半數染色體十三個 G. hirsutum 有半數染色體二十六個。亞棉美棉之第一代雜種之染色體行動 (behavior) 彼之敘述實為首見於世。當花粉母細胞第一分裂中期時 (metaphase) 有單價十三，雙價十三，在赤道板中，雙價染色體時排列於中心而單價則排列於四圍。雙價於第一分裂時即行分離而不規則的趨向兩極。一部分單價染色體仍在細胞質中而不趨於兩極。

於第二次分裂時染色體每不規則而在原生質的中幕間，很少如初分時之排列於赤道板上，在大多數細胞中，雙價染色體在第一次分裂時未曾分離 (disjoin) 者每見於第二次分裂中。在此時可見二組或三組以上之染色體羣列於細胞質中。大多單價及雙價染色體於第二次分裂時始行分裂，所分裂各半乃趨於兩極，但亦有不分裂者。花粉粒之生成常呈異態，每一花粉母細胞中且時

有四粒以上之花粉粒存焉。彼以第一代雜種之不孕，係由於花粉粒及胚珠之發育不全。

Szymanek 及 Gavaudan 之研究 (1932) 則與上述者稍有不同。在 *G. herbaceum* 之花粉母細胞內，彼得 10-13 之半數染色體。*G. hirsutum* 之品種 Hartsville 及純系品種之 Allen 中則為 20-26 個體染色體。彼於未選擇之 Allen 中則得半數之染色體 20-26 及體染色體 50。於一意度為 *G. herbaceum* × *G. hirsutum* (品種 Hartsville) 之雜種中，彼得半數染色體為二十。

Szemanek 與 Gavaudan 之研究 (1932) 及 Szymanek 1932 年之研究，其結果與其他研究此問題者，俱微有不同。第一無一定之染色體數目，如十至十三，二十至二十六等；第二，亞美棉內各種之染色體數目相同。其誤或基於所用之材料。如在彼輩第一報告中，所用者為花藥營養層 (tapetum) 葉，及根之組織。在第二報告中，Szymanek 謂不同之營養部分，花柱花瓣及胎座所得之數目皆不同。

關於棉之雌性精子體及胚胎發育，1932 年 Gore 之報告實為首見。但染色體數目，報告中並未述及。彼僅稱，‘受粉後花粉管插入胚珠凡歷時十五至二十小時，受精則於花開後二十四至三十小時內完全之’。

Eichhorm (1933年) 對棉之體細胞分裂程序亦有簡略之發表，但對染色體數目則未述及。

Longley 於 1933 年嘗證明亞棉之半數之染色體爲十三，美棉爲二十六，其得十三染色體之棉爲 *G. arboreum*, *G. cernuum*, *G. davidsoni*, *G. harknessi*, *G. herbaceum*, *G. indicum*, *G. intermedium*, *G. neglectum*, *G. obtusifolium*, 及 *G. sturti*, 得二十六染色體之棉爲 *G. barbadense*, *G. brasiliense*, *G. hirsutum*, *G. hopi* 及 *G. punctatum*.

Longley 於其偶然得到之亞美棉第一代雜種，亦嘗有精細之研究。於花粉母細胞初次分裂時彼嘗得到雙價染色體十四，單價染色體十一，彼謂雙價染色體數目時有變易；僅單價染色體足資分別於雙價時，後者始可得精確之數目。彼更謂單價染色體在第一分裂時係分佈於紡錘體中。在一個 interkinesis figure 中，於二個大胞核外，嘗見另一個小胞核。於第二次分裂之中期中，彼亦見到二胞核之赤道板上之不同染色體數目；並另見到多至七個之紡錘體，(二大五小)紡錘體中之染色體數目亦不同；由一個單價至十三個單價及六個單價之半片。彼作結論曰：當雜種之減數時期，染色體之分佈，每不規則，亦即所以引起多量畸形花粉四合體 (quartets) 及不孕花粉之產生也。

總觀上述可得下列數點：

1. 亞棉有半數染色體十三，美棉則有二十六。
2. 亞美棉雜種之第一代爲不孕。
3. 亞美棉第一代雜種之不孕，由於成熟分裂時。染色體不規則之行爲。

III. 材料及方法

本研究所用之棉種爲美亞棉之習見於中美各農場者。亞棉二種，爲 *G. arboreum*, L. 亞種 *neglecta* Watt 及 *G. Nanking* Meyen。(本篇亞棉之學名俱依 Watt(1907) 爲準，Harland 氏以爲亞洲棉僅有一種，因之 *G. Nanking* 遂列爲 *G. arboreum* 之亞種) 美洲棉亦有二種爲 *G. barbadense* (依 Harland 所定 1932b) 及 *G. hirsutum*。每一種內，並有一至數個品種或品系。著者對於研究前，雖未將各種作數代之自交，但相信其頗純。

雜交係於溫室內行之，去雄授粉，標記及罩袋各法，則用馮肇傳教授之法。惟未授粉前，每一柱頭上用十倍之擴大鏡細察其是否有本身花粉粘着於上。

細胞觀察係用白蠟法所製之切片。營養細胞之染色體則於根尖上研究之，小孢子生成之研究則以花蕾爲材料。爲便利起見，花苞花瓣子房等皆經截去，兩項材料之固定多半用 Navashin 氏溶液爲之；Bouin 氏溶液嘗用一次。切片厚度，約八至十個 microns，再按 Sharp 氏所定之程序用 Heidenhain 氏鐵礬 haematoxylin 染之。

花粉管之生長研究，則於人工授粉後，將花置於攝氏表25度之溫室內二十四小時，然後再按 Buchholz (1931) 氏用於 *Datura* 之法預備焉。惟於棉內，去花柱之外皮 (Cortex) 殊不易易，蓋棉花花柱之外皮與輸導組織 (conducting tissue) 之界線非如

Datura 之甚分明也。

IV. 亞美雜種棉株

A. 雜交可能性 Compatibility

爲試驗亞美棉之是否可以配合，於 1931 及 1932 年夏季中嘗作過 1708 朵花之雜交，得結果如第一表：

第一表 亞美棉雜交之結果

母本亞棉 × 父本美棉	交配	得鈴	得籽	所生植株	雜種
<i>G. arboreum</i> × <i>G. hirsutum</i>	54	0	0	0	0
<i>G. arboreum</i> × <i>G. barbadense</i>	1	0	0	0	0
<i>G. Nanking</i> × <i>G. hirsutum</i>	836	2	2	2	1
<i>G. Nanking</i> × <i>G. barbadense</i>	126	3	5	4	0
總數	1017	5	7	6	1
母本美棉 × 父本亞棉					
<i>G. barbadense</i> × <i>G. Nanking</i>	91	0	0	0	0
<i>G. barbadense</i> × <i>G. arboreum</i>	43	0	0	0	0
<i>G. hirsutum</i> × <i>G. Nanking</i>	407	21	27	10	5
<i>G. hirsutum</i> × <i>G. arboreum</i>	150	3	8	4	0
總數	691	24	35	14	5
總計	1708	29	42	20	6

所得雜種棉鈴甚小，且含籽甚少，有時僅一籽。二年中所得二十九鈴中，孕一籽者凡二十一，孕二籽者凡五，孕三籽者凡二，孕五籽者僅一而已。當此項種子播種時亦非每籽俱能發芽，有

若干籽粒雖外皮似甚健全發達，但胚胎極小，有時連此極小之胚胎亦無之。二年中凡不能發芽者凡二十有二，細察之其中之十三籽俱如上述。有數籽雖有胚胎，但或芽不伸長，或籽日漸污爛。當棉株長成時，有若干株極肖母本，並無雜交勢。此種棉株或係偶然因自身花粉之粘着而生成。在本研究中，各父本俱帶有顯性，因此易於分別其為雜種或非雜種也。真正雜種數目見第一表中最末行。

觀上表雜交成功僅於 *G. hirsutum* × *G. Nanking* 之相互交配中見之。然此不能即據以謂僅此二種之可雜交性較其他各種為佳，蓋此二種植本較他種為多，用之交配者亦因之以多也。*Nakatomi* 於 1931 年時嘗得一雜種於 *G. barbadenes* × *G. herbaceum*，*Harland* 於 1932 年時則得二雜種於 *G. barbadense* × *G. arboreum*，茲因材料不夠，各種之交配成功百分率之不同殊不能定奪。

就亞棉美棉相互交配言，用亞棉為母本者，其結果不甚佳。用亞棉為母本之 1017 個交配中得雜種僅一株，而用美棉為母本之六百九十一個交配中，得雜種竟達五株。此項不同處殊大有意義。*Nakatomi* 於 1931 年用美棉作母本時，其結果較佳。*Harland* 於 1932 年之研究，亦用美棉為母本而得雜種；如用亞棉作母本時，則全無所得。此足證明用染色體數目較大之棉作母本者每得更佳之結果也(參考 *Thompson* 1930)

向者他人研究雜交成功，僅限於此一方向，（亞母美父，

Zaitzev, Desai)或彼一方向(美母亞父, Nakatomi, Harland)著者乃竟能相互雜交成功,無論其爲亞母美父,或美母亞父,俱得雜種,此殊可慶幸也。

另一相互雜交之不同處,爲受精後幼鈴之留於株上。當美棉用作母本時,凡雜交不成者授粉後二星期內子房即脫落,二年來六百九十一個交配中僅二小鈴留於株上,且種子不能成熟。在相互雜交中,用亞棉爲母本時一千〇十七個交配中乃得二百十二鈴,惟此項棉鈴雖有軟弱纖維,但俱無發育完全之籽粒,故雜交不能即謂成功。此現象前 Zaitzev 氏 (1926 1927) 及 Nakatomi 氏 (1931) 亦曾言及。故 Dasai 氏 (1927) 以棉鈴能在棉株上保留三十日作爲亞美棉雜交成功之標準,殊爲不確。

爲確定亞美棉雜交成功百分率之低,究否係因花粉管生長之過慢起見, Buchholz 研究 *Datura* 之法,復用於本研究中。於傳粉後二十四小時已見美棉花粉管侵入於亞棉花柱下部。當亞棉花粉置於美棉柱頭時,其花粉管侵入亦見其達於花柱下部。惟並未用切片研究,以觀其深入胚珠之狀況。此項觀察,指明亞美棉雜交成功百分率之低並非由於外侵花粉管生長之慢,而係由於其他另一原因,或係由精子 (Gametes) 之真正不能交配。

B. 第一代雜種棉株之雜交勢 Hybrid Vigor

1931 年所得之雜種三株,曾仔細研究。此三株定名雜種甲乙丙,甲爲以亞棉爲母本之產物;乙丙則爲以美棉爲母本之產物。此三株植於 1932 年之正月十五日。長成時,三株俱呈雜交勢

甚盛。同年十一月二十日對之嘗作各種測量如第二表。

第二表 第一代雜種及其父母本幾種性狀之比較

植	科	高 度	節 數	節間長度	莖之基部圓周
亞	母	93Cm	20	4.65Cm	2.3Cm
美	父	48Cm	22	2.18Cm	2.6Cm
雜 種	甲	236Cm	40	5.90Cm	4.2Cm
美	母	49Cm	22	2.23Cm	2.5Cm
亞	父	99Cm	33	3.00Cm	1.6Cm
雜 種	乙	203Cm	39	5.21Cm	2.9Cm
美	母	49Cm	24	2.04Cm	2.5Cm
亞	父	99Cm	25	3.96Cm	2.5Cm
雜 種	丙	151Cm	33	3.97Cm	3.2Cm

觀上表知上項三株雜種各項體態俱超過其親本。甲株之雜交勢較乙丙尤甚。此可推知相互交配所得之雜交勢並不相等。以亞棉爲母本者實較以美棉爲母本爲盛。惟尙須多加交配以證明此說之確否。

各家關於亞美棉第一代雜種植科之雜交勢，俱有同樣報告，但以高度增長爲最顯著。Ware (1931) 關於於美棉雜交植科之增長以爲僅由於節間之增長，與著者所得之結果不盡符合。蓋上表中各植科高度之增加固半賴於節間之增長半亦賴株上之節數較爲增多也。

C. 第一代雜種植科之形態

供此項研究，計有用 *G. Nanking* × *G. hirsutum*，交配所得之雜種六本。所用為交配者於 *G. hirsutum*，則有 *Acala*, *Trice* 二品種；於 *G. Nanking* 則有百萬棉，寶山白籽，廣西毛籽，及正定大黃花四品種。所用各棉之形態俱頗一致。如他品種之紅葉，小花，白花，紅花等形態則未入此雜交中。六株形態俱極相似，故可為綜合的研究，列於第三表。

第三表 中國棉陸地棉及其交雜種之性狀

性 狀	中 國 棉	陸 地 棉	交 雜 種
1.毛 被	長毛及短毛	僅長毛	僅長毛
2.苞葉基部	聯 合	分 離	聯 合
3.苞葉刻齒	短	長	長
4.花外蜜腺	無	有	無
5.萼 齒	短	長	長
6.花梗地位	下 垂	直 立	中 間
7.晚間葉之位置	垂 直	水 平	垂 直
8.葉之裂片	狹	寬	中 間
9.花瓣顏色	鮮 黃	乳 白	淺 黃
10.花瓣斑點	深 紅	無	淺 紅
11.花藥顏色	黃	乳 白	黃
12.鈴之室數	3—4	4—5	3—4

以上各性狀更詳細說明之如下：

1. 毛 被

亞棉之莖與葉皆有毛二層。其一層爲短的，平臥的，幅射的，其另一層爲長的，直立的不分叉的。美棉則僅有長毛一層。第一代雜種似陸地棉。如用中國棉作爲母本者，則此點極可用以認識其是否爲亞美雜種，僅於幼莖間一察其有否有雙層毛被可矣。

2. 苞葉

亞棉苞葉三片之基部聯合，美棉則分離。 F_1 雜種皆如亞棉。

3. 苞葉齒

亞棉苞葉頂端齒短，美棉則甚長。 F_1 雜種苞葉齒似美棉，惟較短。

4. 花外蜜腺

亞棉苞葉外無花外蜜腺，美棉則有蜜腺三個。 F_1 雜種無此蜜腺。

5. 花萼齒

棉花萼常爲五裂，惟亞棉之花萼裂齒不甚顯，僅稍呈浪狀而已。美棉則甚顯，每裂俱極尖銳。 F_1 雜種則似美棉，上述五項不同處 Zaitzev (1926, 1927) 之觀察與著者相同。

6. 花梗位置

亞棉花梗長而細，花蕾棉鈴常下垂；美棉花梗短而壯，花蕾棉鈴常直立。 F_1 雜種花梗位置介於二者之間，Nakatomi (1931) 亦曾注意及此；惟彼謂雜種花梗勢係直立。

7. 夜間葉之位置

亞棉美棉之葉日間皆平放，亞棉葉晚間則垂直，美棉葉則仍