苦瓜花性及果實性狀介紹與遺傳概述

The genetic introduction and summary of flowering and fruit traits in bitter gourd

何定諭[1]、張勝智[2]

一、前言

苦瓜 (*Solanum tuberosum* L.) 爲葫蘆科 (Cucurbitaceae) 一年生作物，原產於熱帶亞洲地區，廣泛分布於中國、印度、東南亞、非洲與加勒比地區等，全球栽培面積達 34 萬公頃，種植區域與產量亦逐漸增加。依據農情報告資源網的資料統計，2019 年臺灣種植面積達 1,525 公頃，年產量約 3 萬公噸。苦瓜栽培適溫爲 25℃ ~30℃，常種植於氣候溫暖與土壤濕潤的環境，產地集中於中部及高屏地區。中部地區因冬季低溫，故多集中於夏季種植，而高屏地區則因冬季溫度較高，可於冬季栽培，藉此建立適當的產期調節，穩定瓜果價格。臺灣主要食用的白皮苦瓜類型，普遍有雌雄花比例低、與著果率不佳導致總產量相對較少等問題，因此探討其花性、果實與產量間的關係，是對苦瓜育種與生產之重要課題之一。本篇針對苦瓜果實及花性表現，簡介性狀表型與基因表現間的關係，供研究人員、生產者或種子苗產業參考應用。

二、苦瓜花性表現與遺傳介紹

瓜類蔬菜花性表現與類型繁多，如雌雄同株異花、雄花兩性花同株、全雌株、全雄株或兩性株等不同類型，其中以雌雄同株異花最爲常見。而開花性狀受基因遺傳與環境共同調節表現，如雌花出現早晚及雌花比率，並連帶影響最終的瓜果產量表現。在遺傳學上，作物外表性狀受多種類型的基因共同調控而形成，依遺傳調控的方式，又可分爲單基因 (single gene) 控制或多基因 (poly gene) 共同調控。基因在遺傳表徵的影響效應可細分爲顯性 (dominant) 與隱性 (recessive)、主效 (major) 與微效 (minor) 等不同類型。

苦瓜爲亞洲地區重要蔬菜作物，近年來受新興市場發展與保健特色，漸受重視，研究雖晚於胡瓜等作物，但近期發展快速。在花性表現上，目前市售苦瓜品種多爲雌雄同株異花類型，此類型雌花數常少於雄花數，雌雄比約爲 1：25，且第一朵雄花常於第 7 至 17 節中出現，早於第一朵雌花的第 13 至 21 節，影響早生表現及產量。

[1] 種苗改良繁殖場品種改良保護課 臨時人員
[2] 種苗改良繁殖場品種改良保護課 助理研究員

由此可知，苦瓜雌花的表現，如雌花數、第一朵雌花開花日數與節位，均會影響採收與產量表現，因此常以第一朵雌花的開花節位做花性趨勢 (sex tendency) 與成熟度的評估的主要指標；節位越低，雌花趨勢越高也越早熟，可作爲產量評估的早期參考。然而印度 Srivatsava 等人於 1976 年試驗報告指出，由播種至第一朵雌花的開花天數與每株果實數量呈高度負相關，但與果實重量呈正相關，說明第一朵開花越早，雖可提高著果數，但可能會造成單果重下降，因此進行此類性狀選拔時，需注意對單果重及總產量的紀錄與評估。

近年來爲增進產量表現，學者除進行產量構成要素如肥培、設施光照等相關性要素分析外，更投入作物生殖性狀，如提高雌花比例或全雌性 (gynoecy) 等花性類型的遺傳分析與研究 (如表一)。在雌雄同株異花品種之雌雄花比例的遺傳探討上，中國 Wang 與印度 Gangadhara 兩大研發團隊分別在 2013 年與 2018 年證明雌雄花比例爲多個微效基因堆疊出數量性狀基因座 (quantitative trait loci, QTLs) 所控制，挑選出具有雌花數比率較高的品系進行雜交或留種，可提高後代雌花數的可能性。有關苦瓜全雌性的研究，Ram et al. (2002) 利用全雌株品系與雌雄同株異花品系，進行雜交，該組合的雌花數明顯增加，進而提升產量表現，說明全雌株的應用價值。Ram et al. (2006) 與 Behera et al. (2009) 爲了解苦瓜全雌基因表現與遺傳行爲，透過全雌株與雌雄異花同株材料的雜交、F2 世代與側交，探討花性表現性狀的分離比，證實全雌性狀爲單一隱性基因控制，定名爲 *gy-1* 基因。而後，Cui et al.(2018) 將 432 株由全雌株 K44(母本) 與雌雄同株異花 Dali-11(父本) 雜交的 F2 世代，分別種於兩個不同地區，觀察 F2 世代分離比，發現其在不同區域之雌雄同花異株：全雌株數量，分別爲 15：1 與 3：1，推測苦瓜全雌基因 (*gy-1*)，可能有兩對基因 (*gy-1.1* 與 *gy-1.2*) 所控制，且受環境影響而表現有所差異。

表一、苦瓜花性遺傳特性與研究文獻彙整

花　性	遺傳表現	基因表現	參考文獻
雌花與雄花比率	由多基因控制	具基因累加性	Wang et al. 2013; Gangadhara et al. 2018
雌雄同株異花與全雌株	爲單基因控制 至少有兩對基因控制	雌雄同株異花 / 顯性 (Gy) 全雌株 / 隱性 (gy)	Ram et al. 2002; Ram et al. 2016; Behera et al. 2009; Cui et al. 2018

三、果實性狀與種類介紹

產量構成要素，除了由花性決定果實數量，也與果實本身的果長、果寬、果肉厚度影響之果重相關。一般野生種苦瓜 (*muricata*)，其藤蔓分支較多，雌花數較多，因此果實數量相對於一般栽培種苦瓜 (*charantia*) 來的多；但果形小、果肉厚度較薄，導致整體總產量可能少於栽培種苦瓜。Mia and Shamsuddin et al. (2011) 與 Ram et al. (2002) 指出，相較於果實性狀，單株雌花數與果實

數對總產量的影響是較低的，因爲容易受苦瓜生理型態特性，如藤蔓長本度、主蔓分支、葉片面積與葉綠素含量而有所改變，但果形的大小是決定產量多寡的直接指標。

果實種類又因果形、果色、大小、有無肋條 / 瘠 (rib/ridge) 或瘤點 (wart) 等性狀，形成不同類型。果形可分爲紡錘形、圓柱形、圓錐形、蘋果形、長條形等；果色爲深綠色、綠色、淡綠色至白色等；果實大小可區分爲小型果 (<15cm)、中型果 (15~25cm) 與長型果 (>25cm)；以及以瘤點及條肋分布，進行區分的全肋型、綜合型與全瘤型，其中條肋更可以細分爲連續型與非連續型，如表二。不同性狀間，學者透過親本雜交之後代分離比，逐步建立並確認其顯隱性作用 (dominance) 的關係，以果實顏色爲例，其基因表現爲半顯性 (semidominance)，因此以深綠皮苦瓜及白皮苦瓜進行雜交，雜交一代 (F1) 果皮色則呈現介於親本之綠色，如表三介紹。

表二、苦瓜果實性狀與類型介紹

果實照片				
果　形	紡錘形	蘋果形	圓柱形	紡錘形
果　色	白	白	綠色	綠色
果實大小	中	中	中	中
瘤點及條肋分布	綜合型 (非連續肋)	全瘤型	綜合型 (非連續肋)	綜合型 (非連續肋)
果實照片				
果　形	長條形	圓錐形	紡錘形	長條形
果　色	綠色	深綠	深綠	深綠
果實大小	大	中	中	大
瘤點及條肋分布	全肋型	全肋型	全瘤型	綜合型 (非連續肋)

四、結論

在花性外觀表現上，苦瓜開花節位早晚與單株雌花數的多寡是決定產量的重要因素，爲評估花性趨勢 (sex tendency) 與早生表現，可利用第一朵雌花的開花日數與節位，預測苦瓜雌花數多寡的指標，第一朵雌花節爲開花日數越早、節位越低，則可能有較高著果數。此外，透過選育具全雌表現或雌雄比高的品系，來作爲 F1 的親本，可提升雜交一代品種的單株雌花數及降低開花節位，促進早生與高產表現。

在花性遺傳研究方面，綜觀多位學者研究指出苦瓜全雌性基因 (*gy*) 可能並非僅一組單一隱性基因所控制，亦有可能有其他相關基因調控，並受環境因子如光照或溫度等共同調節。此外，在果實性狀遺傳上，透過各性狀間的顯隱性關係表現，進行選拔，則可逐步汰選出具目標特性的表徵。

針對雌雄花比例低、與著果率不佳導致總產量相較較少等問題，如能持續探討與了解苦瓜的花性及果實遺傳，並透過全雌或高雌品系的導入，結合果實品質選拔，未來如能選育具早生與高產的品種，將可提高農民收益與減輕生產負擔。此外，近年因經濟發展，消費市場對果實品質要求提高，果品表現的選拔如果型、果色、瘤點大小及條肋等性狀表現更受重視，藉由傳統育種遺傳分析與高通量定序 (high-throughput sequencing) 技術輔助，逐漸解碼分子遺傳學 (Molecular genetics) 與表觀遺傳學 (Epigenetics) 的未知領域，以作爲後續精準育種相關背景知識的深入了解與應用。

圖 1. 種苗改良繁殖場苦瓜選育之田間照片

表三、苦瓜果實遺傳特性與文獻彙整

性　狀	遺傳表現	性狀間顯性作用的關係	參考文獻
瘤點	由單基因控制	尖刺或有瘤點 / 顯性 (Tb) 平滑或無瘤點 / 隱性 (tb)	Kumari et al. 2015; Vijayakumar et al. 2019
瘠；肋	由單基因控制	非連續型 / 顯性 (Cr) 連續型 / 隱性 (cr)	Dalamu et al. 2012; Vijayakumar et al. 2019
外果皮顏色	可能 由兩對主效基因控制 多基因控制	綠色與白色爲半顯性，意即其後代的顏色表現爲兩親本之中間型	Miniraj et al. 1993; Hu et al. 2002; Liou et al. 2002; Huang et al. 2017
長度	至少有四對以上的多基因控制	短果與長果爲半顯性，其後代表現爲兩親本之中間型	Kumari et al. 2015