

# 國內高粱生產概況及其分子標誌 相關應用簡介

## Overview of the sorghum production in Taiwan and the related applications of molecular markers

曾一航<sup>1</sup>、龔美玲<sup>1</sup>、陳哲仁<sup>2</sup>、張惠如<sup>3</sup>

### 一、全球及國內高粱生產現況

高粱 (*Sorghum bicolor*) 為世界前五大糧食作物，並為亞、非洲半乾旱及亞熱帶地區之重要主食。其在分類上屬於禾本科高粱屬之一年生高莖作物，依植株特性則可分作食用、製糖及飼料等用途。根據 FAO 統計資料顯示，2020 年全球種植面積約計 4,000 萬公頃，產量則近 5,900 萬公噸，其中前 10 大生產國依序為美國 (16.14%)、奈及利亞 (10.84%)、衣索比亞 (8.62%)、印度 (8.13%)、墨西哥 (8.01%)、中國大陸 (6.05%)、巴西 (4.72%)、蘇丹 (4.32%)、尼日 (3.63%) 及布吉納法索 (3.13%)，佔全球產量 7 成左右。在國內高粱生產概況方面，依據歷年統計資料顯示，國內種植面積近 1,800 公頃，年產量則約 2,000 公噸，其中以金門縣為主要產地，不論在面積及產量上均占全國 9 成以上。國內高粱以飼料及

釀酒原料用途為主，整體需求則主要仰賴進口，近 10 年 (2012~2021 年) 平均進口量約在 72,000 公噸左右，但歷年進口來源變化頗大 (圖 1、圖 2)。若以上述 10 年期間之平均年度進口量為比較基準，前三大進口國家依序為中國大陸 (27.66%)、澳大利亞 (20.02%) 及烏拉圭 (10.81%)，惟自中國大陸進口者於 2021 年時驟降至 1,155 公噸 (近 10 年平均進口量為 21,878 公噸)。

### 二、國內高粱品種推廣改良與發展 進程

依據過去文獻資料顯示 (張及黃，1995；游，2020a；游，2020b)，國內高粱品種改良工作始於 1953 年，先後有威士 (westland)、海格、臺中 1 號、臺中 2 號、臺中 3 號、臺中 5 號、臺南 1 號、臺南 6 號等品種陸續推出 (表一)，現階段則以臺

<sup>1</sup> 種苗改良繁殖場生物技術課 助理研究員

<sup>2</sup> 種苗改良繁殖場農場 副研究員兼主任

<sup>3</sup> 種苗改良繁殖場生物技術課 副研究員兼課長

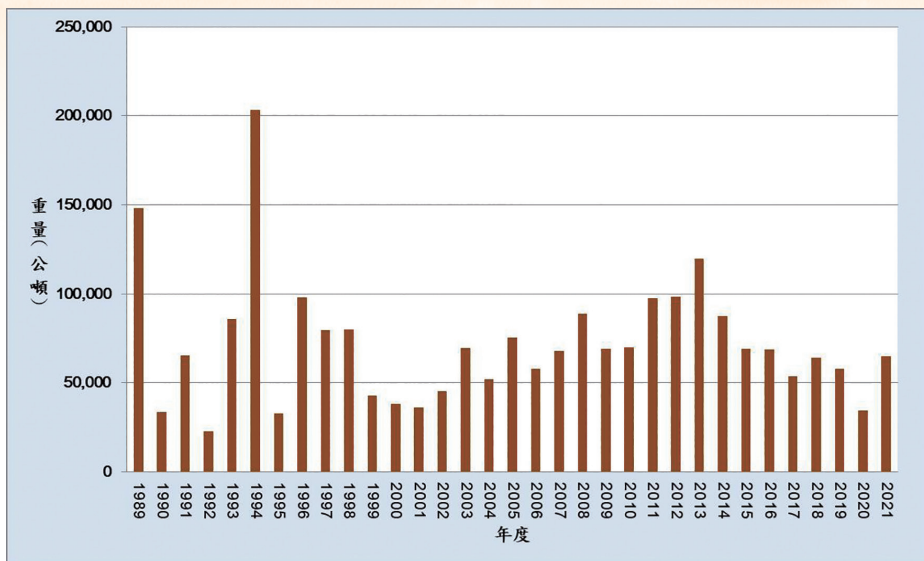


圖 1. 臺灣歷年 (1989-2021) 高粱進口情形

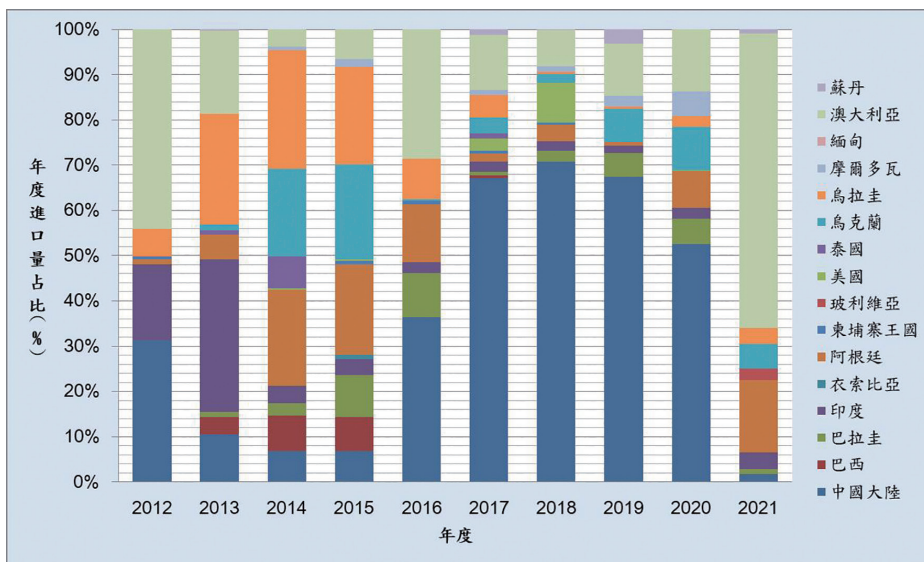


圖 2. 臺灣歷年 (2012~2021) 高粱進口國家變化情形

中 5 號為主要推廣栽培品種。另釀酒用品種臺南 7 號及臺南 8 號亦於 2019 年育成，目前由本場負責其採種生產作業，相關試種推廣工作亦已漸次展開。近年在農委會促成媒合之下，金門酒廠實業股份有限公司已於桃園、苗栗、雲林、嘉義及臺南等

縣市進行高粱製作，收購價格為每公斤 21 元 (含乾燥費及運費)，預計種植面積約為 1,100 公頃左右，其中以臺南學甲 (440 公頃)、臺南鹽水 (90 公頃)，以及嘉義義竹 (30 公頃) 為大宗，未來有望為國內雜糧產業增加發展契機。

表一、國內歷年改良推廣高粱品種性狀概表

品種名稱	生育日數	穗型	籽粒顏色	籽粒產量 (公斤/公頃)	特性註記
威士 (Westland)	95	直立密	紅褐	2,700	
海格 (Hegari)	90	直立密	白色 黑斑	2,500	
臺中 1 號	101	直立稍密	淡褐	5,316	● 中早熟 ● 豐產
臺中 2 號	106	直立稍密	淡紅褐	5,252	● 中早熟 ● 豐產 ● 適釀酒
臺中 3 號	104	直立散開	淡褐/ 深褐	4,788	● 早熟 ● 豐產 ● 矮性
臺中 5 號	105	直立稍密	乳白	5,868	● 抗蚜蟲 ● 抗紋枯病 ● 矮性
臺南 1 號	104	散	赤褐	5,599	● 早熟 ● 抗蚜蟲 ● 抗紋枯病
臺南 6 號	108	半散	白	7,276	● 抗黍蚜 ● 對葉斑病中抗
臺南 7 號	95	散	紅	3,500	● 出酒率約 42%
臺南 8 號	97	半散	紅	4,700	● 出酒率約 49%

### 三、分子標誌輔助選拔在高粱生產及選育上之應用

在近年分子生物領域快速進展下，分子標誌輔助選拔 (marker-assisted selection, MAS) 技術亦逐步擴展其應用範圍。相較於傳統育種而言，分子標誌不僅能於作物生育初期先行預測其目標性狀表現，且能避免該性狀受到環境交感或其他影響所致判別困難，進而達成提升選育時效性與精準性之目標。然受到物種或品種間遺傳背景差異之影響，分子標誌輔助選拔在實際應用效果上仍存有一定差異，故仍需透過長期累積測試驗證資料，以確保其實際應用效益。目前分子標誌應用領域範圍甚

廣，如：(1) 演化及親緣關係、(2) 分子標誌輔助育種材料評估、(3) 品種純度判斷、(4) 遺傳歧異度評估及雜交親本選擇、(5) 雜種優勢研究、(6) 目標選拔序列片段辨識、(7) 分子標誌輔助序列片段導入及回交、(8) 基因堆疊 (pyramiding)、(9) 早世代選拔等。就國內而言，此技術過去曾應用在多項作物抗病育種上，如：水稻、落花生及番茄等 (王，2021)；而在高粱分子標誌輔助選拔應用方面，國內外亦有諸多相關研究應用先例，茲就不同選拔性狀舉例簡述如下：

#### (一) 株高

植株過高易使高粱受到外力 (如：強

風)影響而發生倒伏,為品種選育過程所需考量之重要性狀表現。根據蕭與林(2016)之研究結果指出,高粱第2、6及7條染色體上共有4個數量性狀基因座(quantitative trait loci: QTL)與株高表現相關,共能解釋約41%的株高變異,且均能對應至已知株高相關性狀之候選基因。另該研究亦提出可利用TXP176、TXP295、TXP298及SB3479等4個分子標誌輔助高粱株高選拔,並建議以帶有2~3對矮化基因型之植株較適於臺灣環境。

## (二) 糯性

高粱糯性與其澱粉生合成酵素基因(GBSS)序列變異所致功能異常有關,目前已知該類等位基因共計4種(即 $wx^a$ 、 $wx^b$ 、 $wx^c$ 、 $wx^d$ ),其變異類型則包括DNA片段插入( $wx^a$ )、點突變( $wx^b$ 、 $wx^d$ )及點缺失( $wx^c$ )。而在國內研究測試結果方面,國內目前已有試驗改良場所針對 $wx^a$ 、 $wx^b$ 、 $wx^c$ 等位基因建立其分子標誌分析流程(劉及廖,2016),未來將有助於提升糯性高粱選育工作效率。

## (三) 稔性

雄不稔系統為經濟生產雜交高粱種子之根本基礎,而採種生產作業效能則受其影響甚鉅。龔等人(2019)為釐清高粱採種田區中雄可稔母本植株出現頻度過高之可能成因,曾以葉綠體 $rpoC2$ 標誌(Chen *et al.*, 1995)檢測異型株細胞質稔性類型,並利用細胞核Rf基因(Rf1、Rf2、Rf5、Rf6)之連鎖分子標誌(Klein *et al.*, 2005; Jordan *et al.*, 2010; Praveen *et al.*, 2015; Jordan *et al.*, 2015),分析異型株中有無攜帶Rf基

因情形。目前該項技術已於雜交高粱臺中5號親本種子生產作業中進行實際應用測試。

## (四) 耐旱性

相較於其他穀類作物而言,高粱雖屬於相對耐旱作物,然氣候變遷所造成之高溫及降雨期間縮短等情形,仍對其產量表現產生負面影響。耐旱性係為多基因調控之複雜性狀,僅憑傳統表型分析(phenotyping)方式難以有效篩選潛在耐旱品系,故宜輔以分子標誌進行選拔。Mwamahonje等人(2021)在綜整檢視過去相關研究後指出,維持常綠性(stay-green)為高粱重要耐旱性狀特徵,而數量基因座 $Stg1$ 、 $Stg2$ 、 $Stg3$ 及 $Stg4$ ,則與其開花後耐旱能力及產量相關基因緊密相連,並已成功應用在耐旱高粱品種之回交選育過程。

## 四、結語

高粱因屬C4型作物,其水份利用效率相較於C3型植物(如:水稻)為高,又該作物因具備中等耐鹽特性,在活化利用鹽化土地上具有其潛在價值(施,2021)。近年在政府推動農業節水相關措施下,高粱已成為重要推廣作物選項;而國內在其栽培及採後調製作業方面,亦已具備相當機械化基礎,有機會藉此解決當前農業人力不足及作物生產成本偏高等根本問題。在全球疫情及區域戰爭等因素影響下,國際糧食供應體系目前已面臨相當程度衝擊,現階段如能針對高粱等進口依賴作物進行持續性研發推廣,應有助於國內雜糧產業發展並確保基本原物料供應安全。