世界荔枝產業狀況、困境及對策

張哲瑋[1,*]、柯昱成[2]、朱彧瑩[2,*]

1 農業部農業試驗所嘉義農業試驗分所 研究員兼分所長
2 農業部農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系 助理研究員
*聯繫人 e-mail: jerway@tari.gov.tw; yuyingchu@tari.gov.tw

本文綜述全球荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)產業之生產現況、品種利用、國際貿易及面臨的產業困境，並以中國大陸爲例探討發展對策。目前全球荔枝年產量約 400 萬公噸，其中中國、印度及越南合計產量占全球 90% 以上。受到果實極不耐貯藏及各產區國內需求龐大影響，全球荔枝的出口貿易量僅占總產量不到5%。全球產業正面臨四大挑戰：優勢品種導致採收期過於集中、氣候變遷引發產量不穩定、採後損失率高(20%—40%)，以及勞動力短缺導致生產成本攀升。爲應對上述問題，中國大陸近年積極推動產業轉型與科技升級。在品種策略上，透過選育低需冷量、耐貯運及極早或極晚熟品種來優化產期結構並提升市場溢價；在育種技術上，利用基因體學與分子標記輔助選種，顯著縮短育種週期並精準選拔開花與品質性狀；在採後與自動化方面，發展 AI 影像辨識、液氮速凍與集成化物理控制冷鏈，有效降低損耗並擴大外銷潛力。這些因應對策可供全球其他生產區域作爲產業升級之參考。

關鍵字：荔枝（*Litchi chinensis* Sonn.）、產期優化、氣候韌性、精準育種、採後處理

引言

荔枝屬於無患子科(Sapindaceae)。它又分爲三個亞種，即中國荔枝(*Litchi chinensis* chinensis)、菲律賓荔枝(*L. chinensis* philippinensis 及爪哇荔枝(*L. chinensis* javensis),它們原產地分別位於中國、菲律賓和爪哇島(Subhadrabandhu and Stern, 2005)。中國亞種的選育品種被廣泛栽培。有些學者認爲荔枝應被視爲兩個獨立的物種，即中國荔枝(*L. chinensis*)和菲律賓荔枝(*L. philippinensis*)(李等，2008)。中國荔枝作爲商業品種，據信起源於中國南方、越南北部和馬來半島的亞熱帶地區(Groff,1921；Menzel and Simpson, 1990，1991a；Wu, 1998；Hai and Dung, 2002)。

然而，荔枝的確切起源中心和馴化歷史仍然未知。近期，研究人員利用高雜合度栽培品種'妃子笑'(2n = 2x = 30)的高品質參考基因組，結合對 72 份野生或栽培種質的分析，探索了荔枝基因組的結構和進化，以及其起源和馴化歷史(Hu et al., 2022)。研究顯示兩次獨立的馴化事件。極早熟品種是由雲南的野生族群馴化而來，該族群包括雲南野生種質(YNWs)和越南野生種質(VNWs)。相較之下，晚熟品種則是由海南的野生族群獨立馴化而來。早熟品種如'妃子笑'可能是廣東透過極早熟品種與晚熟品種雜交培育而成的(Hu et al., 2022)。

荔枝的種植在 17 世紀末之前僅限於中國南方和越南北部，之後才傳播到其他國家，包括 1700 年傳入泰國和緬甸(Huang et al., 2005)，1720 年之前傳入臺灣(Yen，2008)，1798 年傳入印度(Singh and Babita, 2002)，1802 年傳入馬達加斯加和模里西斯(Huang et al., 2005)，19 世紀中期傳入澳洲(Huang et al., 2005)，1873 年傳入夏威夷(Nakasone and Paull, 1998)，1875 年傳入南非(Milne, 1999)，1903 年傳入佛羅里達州(Knight, 2001)。荔枝於 1916 年傳入菲律賓(Sotto, 2002)，於 1930 年代傳入以色列(Huang et al., 2005)。目前，荔枝在約 20 個國家種植，這些國家大多位於南北半球緯度 17° 至 26° 之間。然而，在沿海地區或河谷地帶，荔枝的種植範圍可以擴展到更高的緯度 32°(Chen and Huang, 2014)。本文綜述了全球荔枝的生產、品種利用、 全球貿易，以及產業所面臨的困境及可能的對策。

世界生產概況

世界荔枝產量估計爲 400 萬噸，其中超過 95%的產量集中在北半球。主要生產國包括中國、印度、越南、泰國、臺灣、孟加拉和尼泊爾。其中，中國、印度及越南這 3 個國家。合計的產量就占全世界的 90%以上(FAO.,2025)。在南半球，馬達加斯加和南非是主要生產國。較小的生產國包括澳洲、巴西、以色列、美國、墨西哥、菲律賓、印尼、加那利群島、模里西斯、留尼旺、辛巴威和莫三比克(Huang et al., 2005)。

據估計，全世界約有 600 種荔枝品種(Mitra and Pan, 2020)。然而，只有少數品種具有重要的商業價值。表 1 列出了不同國家的荔枝產量和主要品種。在北半球，荔枝的收穫季節通常從 3 月下旬持續到 8 月，高峰期在 5 月至 7 月之間。相較之下，在南半球，荔枝的收穫季節從 10 月持續到隔年 4 月，大部分收穫集中在 11 月至隔年 2 月之間(圖 1)。

中國的荔枝

荔枝在中國至少有 2300 年的栽培歷史(李，2008)。目前，中國是全球最大的荔枝生

產國，其種植面積和產量分別佔全球總產量的 80%以上和 70%以上(Huang et al., 2005；Wang et al., 2008)。儘管中國荔枝種植歷史悠久，但近幾十年來，該產業的發展經歷了顯著擴張。從 1950 年代到 1980 年代初，荔枝種植面積約 5 萬公頃，年均產量約 6 萬噸，鮮荔枝的供應無法滿足市場需求。到 1990 年，荔枝種植面積迅速增加到 161,700 公頃，產量達 223,000 噸(吳，1998；Huang et al., 2005)。至 2000 年，種植面積增加到 590,750 公頃，產量達 891,900 噸(李，2008 ；Huang et al., 2005)。2018 年種植面積 551,700 公頃，總產量接近 3,020,000 噸。主要產區爲廣東、廣西、福建及海南，種植面積分別爲 27.4 萬公頃、20.99 萬公頃、3.49 萬公頃及 2.57 萬公頃(Xu, 2020)。與 2000 年相比，廣東、廣西和福建的種植面積目前分別減少了 3.756 萬公頃、1200 公頃和 2300 公頃。相較之下，海南省的種植面積增加了 7,220 公頃(李，2008；Xu, 2020)。根據較新的文獻，中國荔枝種植面積 526,100 公頃，總產量接近 2,227,000 噸(齊等, 2023)。

中國荔枝目前已鑑定出 200 多個具有獨特特徵的栽培品種、品系或個體選育品種，但目前僅有約 20 個品種在栽培(Huang et al., 2005)。商業栽培品種數量有限及其分佈限制了荔枝產業的進一步發展(Xu, 2020)。根據成熟期，荔枝品種可分爲三類：極早熟品種(EEMC)、早中熟品種(EMC)和晚熟品種(LMC)(Liu and Mei, 2005)。極早熟品種的代表品種是'三月紅'，而'妃子笑'、'白糖罌'和'黑葉'等知名品種則屬於早中熟品種，而'淮枝'、'桂味'和'糯米糍'等則屬於晚熟品種(JG Li et al., 2008)。極早熟品種產量稀少，在荔枝總產量中價值較低，而果實品質最高的品種大多屬於晚熟品種(Hu et al., 2022)。在中國，荔枝的成熟期約爲 130 天，從海南的'三月紅'在 4 月中下旬開始，到四川的'蘭木葉'在 8 月中旬結束(Huang et al., 2005；Xu, 2020)。以海南產的'三月紅'、'妃子笑'和'白糖罌'爲基礎的 EEMC 組和 EMC 組的部分品種顯著延長了採收期。然而，廣東、廣西和福建的荔枝產量主要以 EMC 和 LMC 品種爲主(Huang et al., 2005；李等, 2008；Qi et al., 2020)主要收穫期僅持續 50 天，從 5 月下旬到 7 月中旬(Huang et al., 2005)。2000 年代初期，'黑葉'(包括福建的'烏葉')和'淮枝'(包括廣西的'禾荔')的種植面積分別佔全國總種植面積的 30%(Wang et al., 2008)。在廣西，超過 80%的種植面積以'禾荔'品種爲主(Chen and Huang, 2001)。過去 10 年，'淮枝'和'黑葉'的種植面積分別下降了 20.15%和 13.20%(Qi et al., 2020)。但在廣東，'黑葉'和'淮枝'仍佔總產量的 59.24%(Xu, 2020)。在廣西，'黑葉'與'禾荔'合計佔總產量的 70%(徐和岑，2020)，而在福建，'黑葉'約佔總產量的 75%(歐和齊，2018)。這幾年中國大陸推行荔枝品種結構優化政策，情況改觀。'妃子笑'的生產面積大幅增加已超過全國的 30%。它也是廣東與海南島的主要品種(陳等，2024；胡等，2020)。'黑葉'仍爲廣西及福建的主要品種(陳等，2024)。而'淮枝'則大幅度的減少其在全國面積的佔比已不足 15%(齊等，2023)。2022 年按產量排前 10 名的品種由高到低依序爲'妃子笑'、'黑葉'、'淮枝'、'白糖罌'、'白臘'、'桂味'、'雞嘴荔'、'雙肩玉荷包'、'大紅袍'、'糯米糍'。這些品種的總產量佔該地區所有荔枝品種總產量的 86.05%。其中，產量排名前五的品種的產量佔該地區年總產量的 72.71%(齊等，2023)。

印度荔枝

印度是世界第二大荔枝生產國(Mitra and Pan, 2020)，其發展最迅速的時期是過去 70 年。種植面積從 1949 年的 9,400 公頃增加到 1998 年的 56,200 公頃，再到 2018 年的 92,340 公頃。在 2021 年約 99,000 公頃，總產量 72.8 萬公噸，平均產量約 7.35 噸/公頃(Huang et al., 2005；Kumar and Ray, 2020；Kumar and Ray, 2026)。目前全印度有 19 個邦種植荔枝荔枝，位於印度東部和北部，主要供應來自比哈爾邦(Bihar)、西孟加拉邦(West Bengal)、賈坎德邦(Jharkhand)等 6 個邦。比爾邦是最重要的荔枝產區，其產量占全國總

量的 42.5%(Kumar and Ray, 2026)。印度的荔枝生產主要基於約 50 個已命名的栽培品種，其中大部分是從中國引進的實生苗或營養繁殖系，以適應炎熱乾燥的氣候條件(Ghosh et al., 2001)。'Shahi'、'Bombai'、'China'、'Rose Scented'、'Dehradun' (又稱'Dehra Rose')、'Muzaffarpu'、'Early Bedana'、'Late Bedana'和'Calcutta' (又稱'Calcuttia')是重要的商業品種。收穫季節從 4 月 15 日(到 6 月第 3 週，反季節荔枝生產(12 月至 1 月)在南部各邦海拔較高(1000 公尺以上)的地區(Kashyap and Thakur, 2017)。

越南荔枝

越南荔枝種植面積位居世界第三，僅次於中國和印度，但其商業化生產直到 20 世紀 80 年代才開始。此後，種植面積迅速成長，2000 年種植面積爲 35,352 公頃，產量爲 5 萬噸(Hai and Dung, 2002)。 2018 年，種植面積達 58,340 公頃，平均產量爲 6.52 噸/公頃，總產量爲 380,600 噸(Dung et al., 2020)。北江省(Bac Giang)、海陽省(Hai Duong)、廣寧省(Quang Ninh)、太原省(Thai Nguyen)和興安省(Hung Yen)是主要的產區，其中北江省即超過一半的種植面積(Dung et al., 2020)。據估計，越南有超過 33 個荔枝品種(李等，2008，Hai and Dung, 2002)。然而，目前只有 7 個品種進行商業化種植，這些品種分爲早熟品種(佔總種植面積的 20%)和主栽品種(佔總種植面積的 80%)。早熟品種包括'Binh Khe'、'Lai Thanh Ha'、'U Hnong'、'U Hong La Van'、'Phuc Hoa'及'Lai Phu Cu'，採收期在五月中旬。主要品種'Thieu Thanh Ha'的採收期爲 6 月 1 日至 7 月 10 日。一般來說，早熟荔枝品種的果實比'Thieu Thanh Ha'大(25.1-33.5 克 vs 20.7 克)，但品質略遜一籌， 總可溶性固形物含量(15.5-17.5% vs 21.2%)和果肉回收率(70.4-71.9% vs 75.8%)均高於晚熟品種。近年來，早熟品種往往利潤更高，因爲它們避開了生產高峰期，並且在溫暖的冬季具有更穩定的開花結果優勢。培育早熟荔枝品種將是未來越南荔枝產業發展的趨勢(Dung et al., 2020)。

泰國荔枝

近年來，泰國荔枝的種植面積逐漸減少。這是因爲在 21 世紀初，龍眼反季節促花技術發展，種植者放棄了荔枝，轉而種植龍眼(Sethpakdee, 2002)。因此，從 2003 年到 2012 年，荔枝總種植面積從 33,508 公頃減少到 21,834 公頃，總產量從 125,221 噸減少到 65,763 噸，平均單產從 5.4 噸/公頃下降到 2.3 噸/公頃(Thanarut et al., 2008; Phavaphutanon, 2015)。從 2012 年到 2021 年種植面積又下降了 26%來到 16,263 公頃，總產量從 36,233 噸，平均單位面積產量維持 2.3 噸/公頃(Jaroenkita and Manochai, 2026)。

泰國同時擁有熱帶與亞熱帶的荔枝品種 (Menzal et al., 2005)。主要產區位於以亞熱帶氣候爲主的北部區域。清邁(Chiang Mai)是主要的生產省分，每年生產超過 4 萬公噸，其次是清萊(Chiang Rai)及帕堯府(Payao)省。北部區域大約種植了 10 種品種，其中'Hong Huay' ('Dazao'、'Tai So')佔了約 73%的種植面積，而其他品種則包括'O-Hia' ('Baidum', 'Heiye', 'Haak Yip')、'Kim Jeng' ('Huaizhi'、'Wai Chee')以及'Chakrapapad' ('Chacapat') (Phavaphutanon, 2015)。'Hong Huay'的收穫期是在 5 月，'O-Hia'和'Kim Jeng'爲 5 月下旬而'Chakrapapad'則是 6 月下旬至 7 月(Thanarut et al., 2008)。近年來'Chakrapapad'的生產面積逐漸擴大。在清邁栽種比率約 56%，而'Hong Hoey'只有 42%(Jaroenkita and Manocha, 2026)。大約有 20 個品種，例如'Kom'、'Samphao Kaew'、'Kaloke Bai Yao'、'Luk Lai'與 'Krathon Thong Phrarong'在中部地區具有溫暖冬季的低海拔氣候條件下生長良好，特別是在 Samut Songkhram，這個小省分每年大約生產 2,000 噸的荔枝(Phavaphutanon,

2015)。'Kom'是主要的熱帶品種，佔種植量的 11%，在 4 月上旬收成，而其他熱帶品種則在 4 月收成(Thanarut et al., 2008)；但在 Chanthaburi 省，此類群的部分品種最早可以在 3 月中旬收成 (Sethpakdee, 2002)。

馬達加斯加荔枝

荔枝約於 1802 年引進馬達加斯加，如今已在整個東海岸廣泛種植，主要分佈在年降雨量爲 2500-4000 毫米的濕潤熱帶低地。部分地區屬於亞熱帶氣候，冬季涼爽乾燥(Huang et al., 2005; Janhiel et al., 2014)。馬達加斯加荔枝的生產受海洋性氣候，尤其是颱風的影響很大，產量波動較大。年產量爲 10 萬噸，其中 2 萬噸出口到歐洲國家(Janhiel et al., 2014; Mitra and Pan, 2020)。

這裡共有三個主要產區：最大的種植區位於 Tamatave 周邊，年產量約 4000 噸，且超過 90%用於出口；另外兩個主要產區則位於 Manakara 與 Fort-Dauphinn 地區。Fort-Dauphin 的採收季始於 10 月下旬，結束於 1 月下旬，而在 Diego-Surez 則集中在 11 月中旬至 12 月底之間(Janhiel et al., 2014)。馬達加斯加種植的商業荔枝品種爲'Mauritius'(或稱'Dazao') (Mitra and Pan, 2020)。

南非的荔枝

荔枝於 1875 年從模里西斯傳入南非。2012 年產量爲 7760 噸，商業生產總面積爲 1,731 公頃，其中 Limpopo 省 514 公頃、Mpumalanga 省包括史瓦帝尼)1,108 公頃、KwaZulu-Natal 省 109 公頃。2002 年至 2012 年的平均產量爲 5,789 噸，相當於每公頃 3.3 噸(Nortjé, 2012)。目前的優勢品種是'Mauritius'(89.8%)和'McLean's Red' ('Madras'，佔 6.4%)。其他種植品種包括' Wai Chee' (2.3%)、'Fay Zee Siu' (0.5%)和'Third Month Red' (0.4%)。然而在 2000 年，'Mauritius'佔產業的 75%，'McLean's Red'佔 25%，這顯示出'Mauritius'已變得不那麼受歡迎。南非的產期從 10 月中旬開始，到 2 月結束，盛產期是 12 月和 1 月，分別佔年產量的 53.9%和 30.5%。10 月產量佔 0.1%，11 月 7.7%，2 月 6.9%，3 月 0.8%(Begemann, 2014)。'Third Month Red'的果實在 10~11 月供應，'Wai Chee'在 2~3 月供應，而'Mauritius'在 11~1 月供應(Mitra and Pan, 2020)。

澳洲的荔枝

荔枝於 1850 年代開始在澳洲種植(實生苗)，1920 年代引進了'Tai So'和'Wai Chee'的高壓苗(Drinnan and Grundy, 2012)，直到 1970 年代末才擴大規模商業化生產(Huang et al., 2005b)。2010 年約有 350 個果園，面積約 2000 公頃，年產量超過 4000 噸，管理良好的果園產量可達每公頃 10 噸(X, M, Huang, Subhadrabandhu, et al., 2005)。產區分布在東海岸，從昆士蘭北部的凱恩斯(Cairns)和阿瑟頓高原(Atherton Tableland)延伸到新南威爾斯北部的科夫斯港(Coffs Harbour)。約 50% 的產業分布在北昆士蘭，40% 在中南昆士蘭，10% 在新南威爾斯北部(Drinnan and Grundy, 2012)。

澳洲的品種及其所佔種植面積百分比如下：'Kwai Mai Pink'(58%)、'Baitaying' (10%)、'Kaimana' (8%)、'Erdon Lee' (5%)、'Wai Chee' (5%)、'Chompogo'(5%)、'Salathiel'(3%)，其他品種佔種植面積的 6%，包括'Tai So'、'Souey Tung'、'Feizixiao'和'Sah Keng'。'Baitaying'、'Erdon Lee'和'Chompogo'主要出現在新種植區，而'Salathiel'、'Tai So'、'Souey Tung'、'Feizixiao'和'Sah Keng'的面積則沒有增加(Jill Houser, 2021，個人交流)。

果實採摘期從昆士蘭遠北地區的 10 月開始，到新南威爾斯州北部地區的隔年 4 月初結束(Mitra and Pan, 2020)，但主要採摘季節爲 12 月至隔年 2 月初(Drinnan and Grundy, 2012)。與 10 年前相比，由於引進了早熟和晚熟、品質優良或果實碩大的品種，澳洲荔枝品種的開發如今更加多樣化(Drinnan and Grundy, 2012)。荔枝主要作爲鮮果銷售，並透過空運運輸，約有 70-80%在國內銷售，尤其是在布里斯本、雪梨和墨爾本，其餘的則出口(Houser, 2018)。

世界貿易

由於荔枝耐貯藏性極差，加上國內需求龐大，其在全球貿易中僅佔一小部分。2017 年，全球荔枝總產量中僅有不到 5%進入出口市場(Kumar and Ray, 2020)。中國鮮荔枝出口量約 1~2 萬噸，價值 1,300 萬~6,363 萬美元，約佔其總產量的 0.4%~0.7%。主要出口市場爲香港、美國、印度尼西亞、新加坡、菲律賓及馬來西亞，其中香港佔 40%，美國約佔 20%。中國主要出口的荔枝品種是'妃子笑'，其餘有'白臘'、'黑葉'、'淮枝'、和'雙肩玉荷包' (齊等，2023；Chen and Huang, 2014)。中國出口約 1 萬至 2 萬噸罐裝荔枝，價值 710 萬至 1,800 萬美元(莊，2010)。在荔枝季初期，中國從越南和泰國進口鮮果。越南荔枝產量約有一半用於出口，其中超過 90%銷往中國；其他主要市場包括美國、日本和澳洲(Altendorf, 2018；Kumar and Ray, 2020)。泰國曾是全球荔枝貿易中最大的供應國，其荔枝總產量的 35%用於出口。2000 年，泰國鮮果出口量達 167,546 噸(Huang et al., 2005)。近年巨幅下降。2021 年鮮果出口量僅僅 832 公噸，主要市場爲中國馬來西亞及新加坡，市場占比分別是 51.3%、42.9%及 5.8%，罐裝荔枝出口量 1538 公噸，主要市場爲美國、越南及印尼，市場占比分別是 50.5%、28.9%及 20.6% (Jaroenkita and Manocha, 2026)。臺灣鮮果出口量在 1991 年達到 12,831 噸，之後逐漸下降。2014 年出口量爲 1,178 噸，出口額約 300 萬美元。主要出口市場爲美國(674 噸)，其次爲新加坡(230 噸)、日本(134 噸)及加拿大(90 噸)(張和張，2015)。近年來，2025 年出口量下降至 126 噸，出口額約 148 萬美元，主要出口到日本(134 噸)(農糧署，2026)。臺灣出口的主要荔枝品種爲'黑葉'和'玉荷包(張和張，2015)。在印度，荔枝的年產量幾乎全用於國內消費，其中近 60%在當地市場銷售。2006~2007 年間，印度出口了 1,661 噸鮮荔枝，價值 36 萬美元。此後，出口量逐漸下降。2018 年，出口量僅 147 噸，價值 20 萬美元(Kumar and Ray, 2020)。在澳大利亞，約 20-30%的荔枝出口到香港、新加坡、馬來西亞、英國、法國、比利時、阿聯酋、大溪地、紐西蘭、美國和加拿大(Houser, 2018)。

荔枝在歐洲廣受歡迎，消費量呈現逐步上升趨勢。1993 年，鮮荔枝的貿易總量爲 14,112 噸(Huang et al., 2005)。從 2000 年到 2010 年，平均貿易量已增至 27,330 噸(Jahiel et al., 2014)。馬達加斯加是最大的供應國，佔了歐洲市場約 80%的份額，其次是南非和泰國，分別佔約 15%和 8%，以色列和西班牙合計佔 11%。其他較小的供應國包括模里西斯、留尼旺、中國和印度(Jahiel et al., 2014)。法國是馬達加斯加荔枝出口的核心市場，佔歐洲市場總量的 75%以上。荷蘭和英國是歐洲另外兩個重要的荔枝市場，它們的荔枝主要由南非供應(Huang et al., 2005)。'Mauritius'是歐洲荔枝市場的主要品種(Chen and Huang, 2014)。

荔枝產業困境

1. 少數優勢品種造成的高度集中收穫期

據估計，全世界約有 600 種荔枝品種(Mitra and Pan，2020)。然而，每個國家商業化種植的品種卻很少，而且大多數是中晚熟品種，因爲這些品種的植株容易取得，或者果實品質更好。這導致荔枝的收穫期短，銷售季節集中，種植者的利潤也較低(李，2008；Chang et al., 2009；Dung et al., 2020)。近年來，這個問題變得更加嚴重。隨著全球暖化的到來，不同荔枝品種的成熟收穫期界線變得模糊不清，尤其是中晚熟品種之間(Xu, 2020)。因此，迫切需要培育早熟品種，特別是極早熟品種，這些品種不僅易於種植，而且果實品質優良。此類品種將爲種植者提供更多選擇，提高早熟品種在種植面積中的比例，並延長生產週期(李，2008；Huang and Chen, 2014；Dung et al., 2020)。透過基因表現分析和基因組資源研究，研究人員已鑑定出一些與荔枝開花相關的基因(Ding et al., 2015; Hu et al., 2018; Hu et al., 2022)以及一些與果實品質相關的基因(Fan et al., 2021; D. Wang et al., 2021)。這些結果爲荔枝的雜交育種和早期選育提供了寶貴的遺傳基礎，有助於培育出果實品質優良、極早熟的荔枝新品種。

2. 生產不穩定

荔枝栽培常見的難題包括開花不規則和產量不穩定(Menzel, 1983；O'Hare, 2002；Stern and Gazit, 2003；Zhao and Li, 2020)。造成這些問題的原因有很多，例如病蟲害、極端溫度事件、水分脅迫以及礦質營養管理不當(Stern and Gazit, 2003)。然而，近年來，由不利天氣條件導致的產量不穩定似乎更爲頻繁。 2016 年和 2017 年，惡劣天氣嚴重降低了廣東荔枝的開花率(Altendorf, 2018)。 2018/2019 年，臺灣的暖冬導致荔枝產量大幅下降(朱等，2019)。

3. 果實採後損失率

荔枝是中國極具經濟價值的特色水果，中國的荔枝栽培面積與產量均佔全球 60%以上。然而，荔枝採收期集中於高溫高濕季節，屬於非更年型果實，採收後極易發生果皮褐變、水分流失及微生物腐爛。目前採後損失率超過 20% (Liang et al., 2026)，在印度，荔枝保鮮期僅 1 至 2 天。從產地到零售市場的供應鏈總損失高達 35.3%至 43.8%(Kumar, and Ray, 2023)。

4. 勞力短缺導致生產成本持續上漲

勞力成本是當前全球荔枝產業(尤其是中國大陸與臺灣)面臨的嚴峻挑戰之一。荔枝屬於勞動力高度密集的作物，從修剪、施肥、病蟲害防治到採收與產後分級，目前仍高度依賴人工。在中國大陸荔枝生產成本之人工費用占比高達是 40.38%，而在採收及噴藥等關鍵技術環節中部分產區還會出現雇工難，甚至無工可雇的尷尬局面(齊等，2023)。在臺灣荔枝生產成本之人工費用占比更高，在'黑葉'約爲 52.4%，在'玉荷包'更高達 64%(農糧署，2025)。

荔枝產業荔枝產業發展對策-以中國大陸爲例

1. 品種選育與產期結構的優化

主要荔枝品種收穫期相對較短，導致市場供需失衡，限制了種植者和銷售商的收益，也限制了消費者的購買量。延長荔枝的生產期是大多數荔枝改良項目的首要任務(齊等，2019)。自 1950 年代以來，中國一直積極進行荔枝育種工作，近年來已培育出 80 多個新品種、品系和優良植株(孫等，2010；邱等，2010；葉等，2011；歐，2012；馬等，2016)。這些新品種的生產期各不相同，通常產量高且穩定，果肉率高，果肉爽脆。對於晚熟品種的培育，果實裂果程度低或完全抗裂果至關重要；而對於大果品種，果皮顏色比現有品種更鮮豔的紅色則更爲重要(表 2)。

爲避免單一時期市場供需失衡，政策上依據各省份的地理氣候條件，規劃了極端拉長的熟期梯度，例如以海南省與雲南省(乾熱河谷)爲主，利用冬季高溫與春季升溫快的特點，主打需冷量極低的'妃子笑'('Feizixiao')，搶佔 4 月至 5 月的首發市場。在四川省瀘州合江縣，利用其高緯度(北緯 28°)的微氣候，發展'帶綠'('Dailü')等品種，將產期延展至 8 月乃至 9 月，獲取極高的「晚熟溢價」。

另外依據氣候韌性與經濟導向進行品種替換亦是重要策略，例如針對傳統優質品種(如'桂味'及'糯米糍')需冷量高、易受暖冬打擊而產生嚴重「大小年」的問題，策略上重點推廣低需冷量且成花穩定並且具相近口感的品種(如'井崗紅糯')。同時，針對單價低迷的大宗品種(如'黑葉'、'白蠟')，政策性補貼農戶將其替換爲極耐冷鏈貯運、不裂果且市場價格通常爲黑葉的 5-10 倍的高溢價品種(如'仙進奉')。

利用區域化佈局及配合'仙進奉'等耐貯運品種的推廣，使得中國鮮果荔枝的市場供應期從傳統的 2 個月(5 月中旬至 7 月中旬)成功延長至近 5 個月(4 月下旬至 9 月初)。果皮角質層較厚的新品種大幅降低了冷鏈物流中的褐變與損耗率(從以往的 15%降至 5%左右)，有力支撐了高附加價值的國際出口貿易。自 2009 年至 2021 年，中國荔枝高接換種累積面積已達 6.13 萬公頃(邱等，2010；葉等，2011；陳等，2022，2024；齊等，2023)

2. 基因體學研究與精準育種

(1) 基因組組裝與演化背景：

遺傳分析顯示，極早熟品種起源於雲南野生群體，而晚熟品種則獨立馴化自海南野生群體。早熟品種多爲兩者的雜交後代(Hu et al., 2022)。

(2) 成花誘導與調節的核心機制：

荔枝的開花受低溫誘導，研究鑑定出多個關鍵基因及其調控路徑，其中 *LcFT1* 啓動子差異決定品種「簡易」或「困難」開花的關鍵原因。另有調節網路整合者包括 *LcSOC1*、*LcLFY*、*LcAP1-1* 與 *LcAP1-2* 與 *LcCBF-LcMFT* 模組，還有冷量需求(Chilling Requirement)：相關的候選基因(如 *CO1*、*VRN1*、*SPL* 等)(Ding et al, 2015; 2018; 2021)。

(3) 花性別決定的分子基礎：

LcQRT2、*LcSWT12*、*LcROXY2* 和 *LcATXR6* 可能是造成雄花和雌花花藥發育差異的關鍵蛋白，*LcWOX1*、*LcEPFL1*、*LcAGL11* 和 *LcTT16* 可能參與雌蕊和胚珠的形成(Chen et. al, 2024)。

(4) 果實發育、著色與成熟時間：

著色機制之 關鍵調控基因包括 *LcMYB1*(活化合成途徑)和 *LcSGR1*(介導葉綠素降解)。晚熟突變體因這些基因表達延遲而推遲著色((Ding et al, 2021)。另發現一對 *CONSTANS-like(COL)*基因下游的 3.7 kb 缺失片段與果實成熟期顯著相關，此缺失可作爲區分早熟與晚熟品種的分子標記(Hu et al, 2022)

荔枝的分子標記在育種上的應用主要在開花難易程度與果實成熟期兩大核心性狀。由於荔枝幼年期長且樹體巨大，佔用大量土地與人力。荔枝的分子標記開發主要集中在開花難易程度與果實成熟期兩大核心性狀，這些技術顯著提升了育種效率並縮短了育種週期。分子標記輔助選種(MAS)讓育種者能在幼苗階段就選定具備目標性狀(如高品質且易開花)的個體，節省 50% 以上的資源。利用高接換種，將分子標記鑑定出的優質雜交後代接穗，嫁接到成年荔枝樹的大枝上，可將幼年期從 5 年以上縮短至 2 年左右。中國大陸利用上述技術已成功培育出具備簡易開花特性且高品質的新品系'紅珊瑚'(ZS-35)(Ding et al, 2021)。

隨著荔枝遺傳轉化體系的建立，未來可利用 CRISPR/Cas9 基因編輯技術，針對標記所指向的關鍵基因(如 *LcFT1* 啓動子、*LcSOC1* 或 *LcAP1-2*)進行精準編輯，以延後或提早花期，實現分子設計育種(Ding et al, 2021)。

3. 積極發展荔枝採收、採後處理與保鮮技術

荔枝採收後由於呼吸作用旺盛且極易失水，常溫下往往「一日色變，二日香變，三日味變」。近年中國大陸致力於綜合保鮮技術研發，重點涵蓋 AI 智慧檢測、超低溫凍眠、與集成化冷鏈。

(1) 深度學習與智慧化精準分揀

爲滿足高規格出口標準，計算機視覺技術成爲分揀端關鍵。針對微小蒂蛀蟲孔，Wu 等人(2025)開發基於 YOLOv11 的模型，引入並結合空間-通道注意力機制(CBAM)，有效消除了荔枝果皮粗糙紋理對蟲孔識別的干擾，即時精準度達 92.2%。另針對炭疽病分級，最新 LycheeGuard-Lite 模型(基於 YOLOv12)透過輕量化設計，成功部署於邊緣運算設備，兼具 99.4%高精度與即時運算能力(Xu et al., 2025)，這些技術讓產線上的非破壞性精準品控得以實現。

(2) 超低溫凍眠與超微結構穩定性

液氮浸漬速凍(LNIF)是利用液氮將環境迅速降溫至-80℃至-120℃。在極高冷卻速率下，荔枝細胞內的水分會形成微小且均勻的冰晶避免了傳統冷凍因大冰晶刺破細胞壁導致的「解凍後流水、肉質軟爛」問題(吳等，2022)。近期研究確立了最佳解凍溫度以維持色差值(Wu et al., 2026)。保鮮期可從幾天延長至 12-18 個月，解凍後的果實色澤、口感還原度高達 85%—90%。

(3) 集成化冷鏈工程與微環境控制

爲替代傳統二氧化硫(SO_2)燻蒸，中國致力尋找其他的保鮮方式，包括利用微酸性電解水浸泡處理能顯著抑制果皮褐變與減輕重量損失，進而維持較高的商品價值與果實品質(Zhang, et al.,2024)，亦有學者提出「集成化物理控制策略」，構建「多重物理障礙」以

同步抑制生理劣變與微生物侵害。方法是先利用壓差預冷(Forced-air Pre-cooling)，鈍化多酚氧化酶(PPO)與過氧化物酶(POD)的初始活性，隨後施以生物活性塗層(如殼聚糖複合膜)，在果皮表面形成半透性物理屏障，減少水分蒸騰並隔離病原菌。進入包裝環節後，利用氣調包裝技術(MAP)，透過微孔膜的滲透特性建立動態的「低氧、高二氧化碳」微環境，深度抑制呼吸強度並延緩細胞壁降解。最後，整個過程依賴全鏈條物聯網(IoT)溫控系統進行管理，利用感測器即時監測並預警運輸中的溫度波動，有效避免冷凝水(水橋)產生及氧化應激反應。這種集成策略將單一技術的點狀防禦轉化爲系統鏈條，不僅將保鮮期延長至 20 天以上，更實現了無化學殘留的綠色貿易目標(Liang et al., 2026)。此外透過精準的「5° C 預冷＋優化的冰袋配置比例」，能有效穩定電商物流包裝內的微環境。此優化模型能大幅延緩荔枝的果皮褐變，並將高品質的保鮮狀態穩定維持在 48 至 72 小時之間(Guo et al., 2025)

4. 深度學習的自動化採收

荔枝的採收面臨勞動力密集、但人力缺乏的挑戰。在自然光照與複雜遮擋的果園環境中，果實與採摘點的精準識別是農業機器人商業化的前提。中國大陸最新研究提出了一種整合 YOLO11s 目標檢測網絡與 DeepLab v3+ 語義分割的混合感知框架。透過規則幾何演算法，該系統能夠有效克服光線變化與枝葉遮擋的問題。該模型在實地測試中達到了 84.3%的精準定位率，成功爲 3D 採收機器人的自動化路徑規劃與實地部署提供了可靠的視覺基礎(Zhang et al, 2026) 。

結語

全球荔枝產業正從單純的產量擴張，轉向基於「品質、技術與熟期佈局」的綜合競爭。透過基因體學精準育種克服氣候不穩定性，結合 AI 與集成化冷鏈破解生理褐變與勞動力荒，將是荔枝產業實現高價值全球化貿易、突破「一日色變」生物藩籬的途徑。

表 1. 不同國家或地區的荔枝產量及主要荔枝品種

國家	生產面積(公頃)	生產體積(噸)	栽培品種	生產年份	參考
中國	526,100	222,7000	黑葉 妃子笑 淮枝 桂味 白糖罌 白蠟	2022	齊，2023
印度	99,000	728,000	Shahi China Bombai Dehradun Bedana	2021	Kumar and Ray, 2020; Mitra and Dutta, 2005
越南	58,340	340,600	Thieu Thanh Ha	2018	Dung et al., 2020
馬達加斯加	25,000	100,000	Mauritius	2005	Jahiel et al., 2014; Yen, 2008
泰國	16,263	36,233	Hong Huay O-Hia Kim Jeng Chakrapapad Khom	2021	Jaroenkita and Manochai, 2026
臺灣	9,534	45,137	黑葉 玉荷苞	2024	農業統計年報，2024
孟加拉	4,800	13,000	Muzaffarpur China-3 Bombai Bedana	2002	Abu Baker Siddiqui, 2002
尼泊爾	2,380	13,875	Terai cultivars: Muzaffarpur Raja Saheb Deharaduni. Hill cultivars: local type	1999	Budathoki，2002
澳洲	2020 年	4,000	Kwai Mai Pink	2010	Drinnan and Grundy, 2012
南非	1,731	7,760	Mauritius	2012	Nortjé, 2012
巴西	1,500	2,500	Bengal	2005	Yamanishi et al., 2010
以色列	300	2,000	Mauritius	2001	Goren et al., 2001
美國(佛羅里達)	240	1,000	Mauritius	2001	Knight, 2001

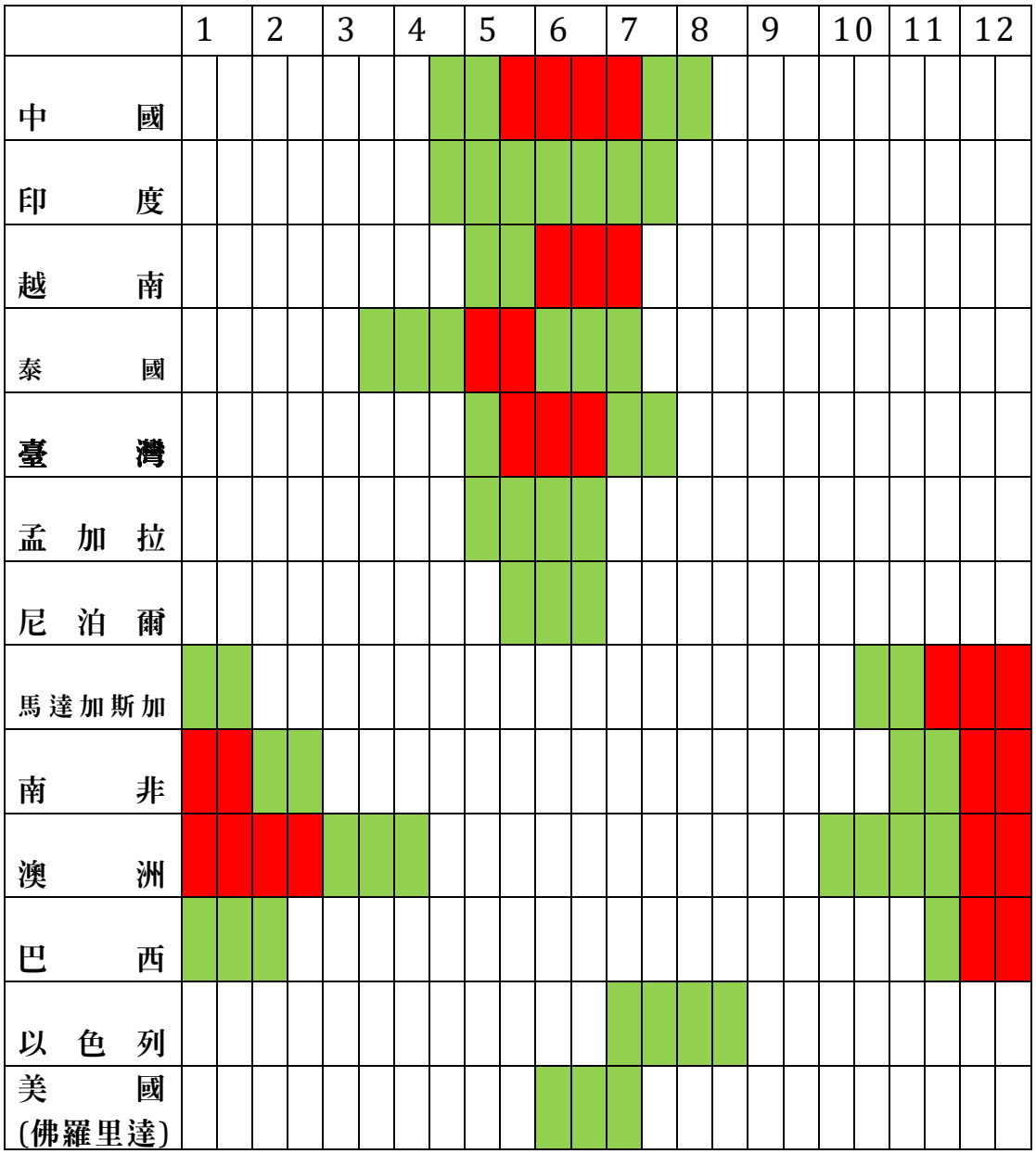


圖 1. 不同國家荔枝的收穫季節(主要收穫季節以紅色標示)。

表 2.中國荔枝新品種

栽培品種	育種方法	收成	特徵	來源
'無核荔'	實生苗選拔	海南六月初，廣東七月初	無籽率 75%，敗育籽率 20% ，果實重量 21 公克。	吳，1998；李，2008
'陽春紅荔枝'	芽突變	四月下旬至五月初，廣東	比'三月紅'早 15 天，敗育種子率 40-50%，果實重量 25 克。	汪 等 ，2004
'荷花大紅荔'	實生苗選拔	6 月下旬廣東	果實巨大，平均單果重 52.9 克，最大單果重達 90 克，果皮鮮紅色。	歐 等 ，2005
'仙進奉'	實生苗選拔	7 月初至 7 月中旬，廣東	抗裂性好，產量高且穩定，敗種子率高達 90%，單果重 26.0 克，耐貯藏。	邱 等 ，2010
'井岡紅糯'	實生苗選拔	7 月中下旬廣東	'糯米糍'的風味和'桂味'的口感，抗裂果，敗育種子率約 80%，果實重量 23.5 克，抗霜霉病。	葉 等 ，2011

參考文獻

朱彧瑩、柯昱成、張哲瑋。2019。氣候異常對荔枝開花結果之影響。農業世界 431:14-19。

李建國。2008。荔枝學。中國農業出版社。北京。

吳淑嫻。1998。中國果樹志：荔枝卷。中國林業出版社。北京。

吳煒俊、程麗娜、徐玉娟、余元善、鄒波、李俊、肖更生。2022。液氮噴霧速凍及梯度解凍在荔枝品質保鮮上的優勢。現代食品科技 38(3):105-114。

汪谷釗、畢國均、余先鳳、張廷彬、陳德嚴。2004。三月紅荔枝新株系——陽春紅荔枝的選育研究。中國南方果樹 33(4):30-31。

胡福初、陳哲、吳鳳芝、范鴻雁、馮學杰、王祥和。2020。海南荔枝產業發展現狀與對策建議。中國熱帶農業 95:29-33

徐炯志、岑文展。2020。廣西荔枝高接換種品種推薦及方法選擇。農業研究與應用 33(3):53-55。

陳厚彬、蘇鑽賢、楊勝男。2022。2022 年全國荔枝生產形勢分析。中國熱帶農業 2022(3):8-20。

陳厚彬、楊勝男、蘇鑽賢、歐善國、潘蔚娟、彭曉丹。2024。2024 年全國荔枝生產形勢分析與管理建議。中國熱帶農業 2024(3):8-20。

張哲瑋、張仁育。2015。世界荔枝貿易與我國荔枝鮮果外銷方向。農業生技產業季刊 (1):46-51。

莊麗娟。2010。中國荔枝出口貿易現狀與發展對策。中國熱帶農業 2010(1):47-50。

齊文娥、陳厚彬、羅滔、宋鳳仙。2019。中國大陸荔枝產業發展現狀、趨勢與對策。廣東農業科學 46(10):132-139

齊文娥、陳厚彬、李潔欣。2023。2022 年中國荔枝產業發展現狀、趨勢與對策。廣東農業科學 50(2):147-155

馬錁、谷超、劉遠昌、胡銳清、羅詩、劉紀堂、王澤槐、李建國。2016。荔枝新品種'唐夏紅'。園藝學報 43(8):1621-1622。

孫清明、歐良喜、向旭、陳潔珍、邱艷萍、李志強、蔡長河。2010。荔枝品種選育進展。果樹學報 27(5):790-796

邱燕萍、李志強、袁沛元、歐良喜、向旭、陳潔珍、孫清明、蔡長河。2010。荔枝新品種仙進奉的

性狀觀察。廣東農業科學 (8):65。
歐良喜。2012。荔枝新品種——鳳山紅燈籠。中國果業信息 (7):65。
歐陽若、王澤槐、胡桂兵、劉成明、梁元崗、古今清、李少紅、周蘗、黃鳳信、劉偉文。2005。高商品性荔枝新品種'荷花大紅荔'的選育。果樹學報 22(1):91-92。
歐陽曦、齊文娥。2018。福建省荔枝產業發展狀況－基於 2011－2016 年的數據分析。中國熱帶農業 (1):19-23。
農糧署。2026。農業統計資料查詢。農糧署。https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx(2026-04-17)。
Abu Baker Siddiqui, S. B. M. Lychee production in Bangladesh. In Lychee Production in the Asia-Pacific Region, 1st ed.; Minas, G. J., Eds.; Food and Agricultural Organization of the United Nations: Bangkok, Thailand, 2002; pp. 28-40.
Altendorf, S. Minor tropical fruits: Mainstreaming a niche market. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Minor_Tropical_Fruits_FoodOutlook_1_2018.pdf
Begemann, G.J. The South African litchi industry - an overview. Acta Hortic. 2014, 1029, 35-38.
Budathoki, K. Lychee production in Nepal. In Lychee Production in the Asia-Pacific Region, 1st ed.; Minas, G. J., Eds.; Food and Agricultural Organization of the United Nations: Bangkok, Thailand, 2002; pp. 81-93.
Chang, J.C.; Lin, T.S.; Yen, C.R.; Chang, J.W.; Lee, W.L. Litchi production and improvement in Taiwan. J. Agric. Assoc. Taiwan 2009, 10(1), 63-76.
Chang, J.; Kim, S. Research on Detection and Picking Point of Lychee Fruits in Natural Scenes Based on Deep Learning. Agriculture 2026, 16(6), 686
Chen, H.B.; Huang, X.M. Overview of litchi production in the world with specific reference to China. Acta Hortic. 2014, 1029, 25-33.
Chen, Z.; Yan, T.; Abbas, F.; Yang, M.; Wang, X.; Deng, H.; Zhang, H.; Hu, F. Targeted metabolites and transcriptome analysis uncover the putative role of auxin in floral sex determination in *Litchi chinensis* Sonn. Plants 2024, 13, 2592.
Ding, F.; Zhang, S.; Chen, H.; Su, Z.; Zhang, R.; Xiao, Q.; Li, H. Promoter difference of LcFT1 is a leading cause of natural variation of flowering timing in different litchi cultivars (*Litchi chinensis* Sonn.). Plant Sci. 2015, 241, 128-137.
Ding, F.; Zhang, S.; Chen, H.; Peng, H.; Lu, J.; He, X.; Pan, J. Functional analysis of a homologue of the floricaula/leafy gene in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) revealing its significance in early flowering process. Genes Genomics 2018, 41, 321-332.
Ding, F.; Li, H.; Wang, J.; Peng, H.; Chen, H.; Hu, F.; Zhang, S. Development of molecular markers based on the promoter difference of LcFT1 to discriminate easy- and difficult-flowering litchi germplasm resources and its application in crossbreeding. BMC Plant Biol. 2021, 21, 539.
Drinnan, J.E.; Grundy, T. The Lychee Production Guide; Department of Agriculture, Fisheries and Forestry and Horticulture Australia: QLD, 2012.
Dung, N.V.; Nghi, D.Q.; Hung, N.Q.; Huy, N.Q. Current production and development trends of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in Vietnam in the coming future. Acta Hortic. 2020, 1293, 7-14.
Fan, S.; Wang, D.; Xie, H.; Wang, H.; Qin, Y.; Hu, G.; Zhao, J. Sugar transport, metabolism and signaling in fruit development of *Litchi chinensis* Sonn.: A review. Int. J. Mol. Sci. 2021, 22(20), 11231.
FAO. Major Tropical Fruits Market Review 2024; Rome, Italy, 2025.
Ghosh, B.; Mitra, S.K.; Sanyal, D. Litchi cultivars of west Bengal, India. Acta Hortic. 2001, 558, 107-113.
Goren, M.; Tomer, E.; Gazit, S. Litchi cultivars in Israel. Acta Hortic. 2001, 558, 129-133.
Groff, G.W. The Litchi and Lungan; Orange Judd: New York, 1921.
Guo, J.; Liu, D.; Lin, G.; Qiu, H.; Guo, P.; Ding, Z.; Wu, D.; Wang, J.; Lv, E. Effects of Different Litchi E-Commerce Logistics Packaging Methods on Microenvironment and Fruit Quality Variations. Foods 2025, 14, 1305.
Hai, V.M.; Dung, N.V. Lychee production in Vietnam. In Lychee production in the Asia-Pacific region; Papademetriou, M.K., Dent, F.J., Eds.; FAO Regional Office for Asia and the Pacific: Bangkok, 2002; pp. 114-119.
Houser, J. Lychee knowledge transfer at the 2018 China litchi conference, Project LY17001; Hort Innovation: Sydney, 2018.
Hu, G.; Feng, J.; Xiang, X.; Wang, J.; Salojärvi, J.; Liu, C.; Wu, Z.; Zhang, J.; Liang, X.; Jiang, Z.; Li, J. Two divergent haplotypes from a highly heterozygous lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) genome suggest independent domestication events for early and late-maturing cultivars. Nat. Genet. 2022, 54, 73–83.

Hu, J., Kim, H.-J., Chen, H., and Zhou, B. (2018). Litchi flowering is regulated by expression of short vegetative phase genes. Journal of the American Society for Horticultural Science, 143(2), 101-109. https://doi.org/10.21273/jashs04316-17
Huang, X.M.; Subhadrabandhu, S.; Mitra, S.K.; Ben-Arie, R.; Stern, R.A. Origin, history, production and processing. In Litchi and Longan: Botany, Production and Uses; Menzel, C.M., Waite, G.K., Eds.; CABI Publishing: Wallingford, 2005; pp. 1-23.
Jahiel, M.; Andreas, C.; Penot, E. Experience from fifteen years of Malagasy lychee export campaigns. Fruits 2014, 69(1), 1-18.
Jaroenkita, T.; Manochai, P. Longan and lychee in Thailand: production, industry, research and development. Acta Hortic. 2026, 1447, 13-122.
Kashyap, A.S.; Thakur, N. Problems and prospects of lychee cultivation in India. In Lychee Disease Management, 1st ed.; Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N., Varma, A., Eds.; Springer: Singapore, 2017; pp. 139-166.
Knight, J.R.J. The lychee's history and current status in Florida. Acta Hortic. 2001, 558, 41-44.
Kumar, M.; Ray, P.K. Litchi production and marketing in India: Recent trends and important issues. Acta Hortic. 2020, 1293, 47-54.
Kumar, M.; Ray, P.K. Developments in marketing litchi in India: an assessment. Acta Hortic. 2026, 1447, 1-10.
Liang, M.; He, Z.; Xiao, S.; Meng, X. Unraveling the mechanisms and technologies to combat postharvest deterioration in litchi: A comprehensive review. J. Agric. Food Res. 2026, 21, 102860.
Menzel, C.M. The control of floral initiation in lychee: A review. Sci. Hortic. 1983, 21(3), 201-215.
Menzel, C.M.; Simpson, D.R. Performance and improvement of litchi cultivars: A review. Fruit Var. J. 1990, 44(4), 197-215.
Menzel, C.M.; Simpson, D.R. A description of litchi cultivars. Fruit Var. J. 1991, 45(1), 45-56.
Menzel, C.M.; Huang, X.; Liu, C. Cultivars and plant improvement. In Litchi and Longan: Botany, Production and Uses; Menzel, C.M., Waite, G.K., Eds.; CABI Publishing: Wallingford, 2005; pp. 59-86.
Milne, D.L. Lychee production and research in Southern Africa. In Proceedings of the Fifth National Lychee Conference; Menzel, C.M., Waite, G., Bronson, R., Eds.; Australian Lychee Growers' Association: QLD, 1999; pp. 25-31.
Mitra, S.K.; Pan, J. Litchi and longan production and trade in the world. Acta Hortic. 2020, 1293, 1-6.
Nortjé, G. (2012). Subtrop census report 2012.
Nakasone, H.Y.; Paull, R.E. Tropical Fruits; CAB International: Wallingford, 1998.
O'Hare, T. J. Interaction of temperature and vegetative flush maturity influences shoot structure and development of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Sci. Hortic. 2002, 95, 203-211.
Phavaphutanon, L. Fruit production, marketing and research and development system in Thailand. Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, 2015.
Sethpakdee, R. Lychee production in Thailand. In Lychee production in the Asia-Pacific region; Papademetriou, M.K., Dent, F.J., Eds.; Food and Agricultural Organization of the United Nations: Bangkok, 2002; pp. 106-113.
Singh, H.P.; Babita, S. Lychee production in India. In Lychee production in the Asia-Pacific region; Papademetriou, M.K., Dent, F.J., Eds.; Food and Agricultural Organization of the United Nations: Bangkok, 2002; pp. 55-77.
Sotto, R.C. Lychee production in the Philippines. In Lychee production in the Asia-Pacific region; Papademetriou, M.K., Dent, F.J., Eds.; Food and Agricultural Organization of the United Nations: Bangkok, 2002.
Stern, R. A.; Gazit, S. The reproductive biology of the lychee. In Horticultural Reviews, 1st ed.; Janick, J., Eds.; John Wiley and Sons, Inc.: Hoboken, NJ, 2003; Vol. 28, pp. 393-453.
Subhadrabandhu, S.; Stern, R.A. Taxonomy, botany and plant development. In Litchi and Longan: Botany, Production, and Uses; Menzel, C.M., Waite, G.K., Eds.; CABI Publishing: Wallingford, 2005; pp. 25-34.
Thanarut, C.; Suthon, W.; Yan, Y.S. Lychee production in Thailand. In Proceedings of a Symposium on Lychee Industry and Development in Taiwan; Ke, L.S., Yen, C.R., Eds.; National Pingtung University of Science and Technology: Pingtung, 2008; pp. 24-34.
Wang, D.; Zhao, J.; Qin, Y.; Qin, Y.; Hu, G. Molecular cloning, characterization and expression profile of the sucrose synthase gene family in *Litchi chinensis*. Hortic. Plant J. 2021, 7(6), 520-528.
Wu, S.X. Encyclopedia of China Fruits: Litchi; China Forestry Press: Beijing, 1998.
Wu, W.; Zheng, Z.; Cheng, X.; et al. Optimizing quick-frozen litchi thawing: a multi-objective approach integrating thermodynamic modeling and quality preservation. Food Measure 2026, DOI: 10.1007/s11694-026-04137-9.

Xu, X. Current production and biotechnological applications in the breeding of litchi in China. Acta Hortic. 2020, 1293, 21-32.
Xu, B.; Ma, Z.; Su, X.; He, X.; Wu, X. A lightweight intelligent grading method for lychee anthracnose based on improved YOLOv12. Front. Plant Sci. 2025, 16, 1688675.
Yamanishi, O. K.; Machado Filho, J. A.; Kavati, R. Overview of litchi production in São Paulo state, Brazil. Acta Hortic. 2001, 558, 59-62.
Zeng, Z.; Wang, J.; Lu, H.; Deng, Z.; Liu, D.; Guo, P.; Guo, J. Effect of Different Pre-Cooling Methods on the Quality of Litchi During Cold Storage. Agronomy 2026, 16, 428.
Zhao, M.; Li, J. Molecular events involved in fruitlet abscission in litchi. Plants 2020, 9, 151.
Zhang, J.; Chen, X.; Liu, Q.; Li, M.; Feng, S.; Lin, M.; Chen, Y.; Lin, H. Slightly acidic electrolyzed water treatment enhances the quality attributes and the storability of postharvest litchis through regulating the metabolism of reactive oxygen species. Food Chem. X 2024, 23, 101644.

The Global Lychee Industry: Its Current State, Challenges, and Countermeasures

Jer-Way Chang[1,*] Yu-Cheng Ko[2] and Yu-Ying Chu[2,*]

[1] Researcher and Branch Director, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), , Ministry of Agriculture; jerway@tari.gov.tw;
[2] Assistant Researcher, Department of Horticulture, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), , Ministry of Agriculture; axyz0852406@tari.gov.tw; yuyingchu@tari.gov.tw
* Correspondence: jerway@tari.gov.tw; yuyingchu@tari.gov.tw

Abstract

Lychee (*Litchi chinensis*) originated in southern China and Southeast Asia and has now spread to about 20 countries worldwide. Global annual lychee production is estimated at 4 million tons, with over 95% produced in the Northern Hemisphere. China, India, and Vietnam are the top three producers. However, due to the fruit's extreme perishability and huge domestic demand in each producing region, global lychee exports account for less than 5% of total production. Currently, the global lychee industry faces four core challenges: First, the over-reliance on a single commercially cultivated variety leads to a highly concentrated harvest period, resulting in production and sales pressure; second, global warming causes warmer winters, leading to unstable yields; third, lychees are highly susceptible to browning and rotting after harvest, with post-harvest losses often exceeding 20%; and finally, labor shortages and continuously rising production costs. To address these issues, optimization of variety structures by promoting cultivars with low chilling requirements and superior shippability to extend the supply window and secure market premiums. In genomic research, key genes for flowering and ripening are identified, and molecular marker technology is used to significantly shorten the breeding cycle. In addition, the industry is actively developing cryogenic freezing (LNIF), AI-powered intelligent inspection and sorting, and deep learning-based automated harvesting robots, aiming to reduce losses, alleviate labor dependence, and enhance industrial competitiveness through technological innovation.

Keywords: Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), Variety Optimization, Climate Resilience, Precision Breeding, Postharvest Handling