

薑之產業、生長及植物生長調節劑在種薑催芽 和嫩薑生產之應用

錢 昌 聖¹⁾ 宋 好²⁾

關鍵字：薑、生長、催芽、植物生長調節劑、生產

摘要：薑(*Zingiber officinale* Roscoe)是一種多年生草本植物，以根莖進行無性繁殖，肥大的根莖可供食用和藥用，是世界上重要的香料作物之一，印度是薑的最大生產國。薑性喜溫暖濕潤氣候，於臺灣定植後約需 270 天採收，受採收成熟度決定，在臺灣南投縣名間鄉是最大嫩薑產區，以 5 月生產嫩薑而聞名。嫩薑的早期採收價格較高，但產量較低，因為種薑定植後的低溫導致萌芽延遲，導致生長時間縮短而減產，目前多使用益收生長素(Ethephon) 進行種薑催芽，但技術上仍需改善。植物生長調節劑能改善植物的生長和發育，在薑的生產上亦有相關研究，在臺灣無推薦使用的生長調節劑，關於其對薑的生長、產量和品質的影響相關報告有限。基於臺灣薑產業對於植物生長調節劑技術和生長調節劑應用的需求，本篇研究蒐集關於薑的生長發育、種薑萌芽及生長調節劑應用等研究，期望透過回顧相關文獻，提供更多生長調節劑應用資訊，有助於研發可行的操作模式，以提升國內薑的栽培技術。

前 言

薑(*Zingiber officinale* Roscoe)屬於薑科(*Zingiberaceae*)薑屬(*Zingiber*)植物，是宿根性多年草本植物，以根莖(Rhizome)進行無性繁殖，薑性喜溫暖濕潤氣候，最適生育溫度為 25-32°C，原產於印度的亞熱帶森林地區，肥大的根莖可供食用及藥用，為世界重要香料作物之一(Plotto, 2002)。臺灣主要產區為南投縣、臺東縣及花蓮縣等地，栽培品種以廣東薑及竹薑為主，種植期為每年 12 至翌年 3 月，依用途及採收成熟度不同，可分嫩薑、粉薑及

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系教授、通訊作者。

老薑生產模式(蔡與蕭, 2011)。由於薑生育適溫高度適合臺灣氣候, 在 1980 年代全臺的栽培面積高達 4,000 公頃(農業統計年報), 後因農村勞力缺乏, 使得栽培面積逐年遞減, 近 5 年栽培面積介於 800-900 公頃。南投縣為臺灣最大薑生產之地區, 其中又以名間鄉栽培面積最多, 其生產特色為於 5 月生產嫩薑。早收嫩薑價格高, 但產量較低, 主要因為種薑定植後的低溫導致萌芽所需時間較長, 使得生長時間縮短導致減產(葉, 1999)。近年來薑農雖有使用聚乙烯(polyethylene, PE)布覆蓋提高環境溫度促進萌芽(鍾, 2001; Zaman, 2002), 但仍有萌芽不整齊的問題及後續田間培土作業和管理困難(葉, 1999; 陳等人, 2014), 目前多利用『催芽』方式來解決, 促使種薑提早且一致萌芽。益收生長素(Ethephon)為現行常用的種薑催芽藥劑, 然而, 種薑經益收催芽後往往形成過多芽體, 芽體間養分競爭而使芽體纖弱, 不利於後續生長。鑒於種薑催芽之必要性, 慣行栽培體系中尚未導入一套完整的種薑催芽標準流程, 關於益收催芽的作用及最適處理濃度尚須深入瞭解, 另外是否有其他替代性催芽劑亦需進一步研究。

為提升產量與品質多數薑農慣於嫩薑採收前1個月, 以葉片噴施生長調節劑方式促進根莖分化及抽長, 然於台灣目前並未推薦植物生長調節劑(Plant Growth Regulators, PRGs)於薑的生產上。基於國內薑產業在種薑催芽技術及生長調節劑應用的需求, 為此, 本篇研究蒐集關於薑的產業、生長發育、種薑萌芽及生長調節劑應用等研究報告, 期望透過所回顧相關文獻, 提供更多生長調節劑應用資訊, 有助於研發可行的操作模式, 以提升國內薑的栽培技術。

一、薑植株性狀及其功能介紹

薑(*Zingiber officinale* Roscoe)是一種多年生草本植物, 性喜溫暖濕潤氣候, 生長溫度不得低於 13°C, 正常生育溫度範圍為 19-28°C(Hackett and Carolane, 1982), 適合生長在土壤肥沃、陽光充足、雨水充沛的環境(Sharma, 2017)。植株高度約 50-100 公分, 地上莖由葉鞘聚集而成, 葉子狹長呈深綠色, 花朵生長在莖的頂部, 花色淡黃色, 花朵呈漏斗狀, 具有芳香氣味。地下莖肥大成根莖狀, 外皮灰白色或黃褐色, 根莖的頂端及兩端有潛伏芽眼, 可萌發成新植株, 為主要經濟部位。薑的根為鬚根性, 其根的數量與分支少, 主要根系集中在種薑所萌生的第一次莖基部(許, 2005; Plotto, 2002; Wang, 2000)。

根莖供食用部分依採收成熟度可分為嫩薑、粉薑及老薑。嫩薑為栽培5-7個月後採收的根莖稱之, 其表皮顏色偏白, 纖維最細緻, 辛辣程度最低, 有皮薄、清爽、口感較脆的特性, 適合鮮食、醃製或蜜餞; 粉薑為栽培7-10個月採收者, 植株開始枯黃, 纖維及辛辣味隨之增加, 根莖肥大飽滿, 表皮呈淡褐色; 老薑則為栽培10個月以上, 其根莖已呈完全成熟老化, 莖肉縮瘦, 外皮粗厚而多纖維, 汁少辣味強等特性, 粉薑及老薑適合加工或煮食使用(Kaushal *et al.*, 2017; Mohd *et al.*, 2015)。食用的另一部分為加工產品, 常見薑的加

工品包含薑片(乾燥薑)、薑粉、薑糖、精油(essential oil)、油性樹脂(oleoresins)、營養保健食品、薑汁、薑茶及薑啤酒等飲料(Symon, 2016)。

根莖作藥用時，其主要有效成分可分為三大類，1.揮發油(volatile oils)，以倍半萜類(sesquiterpenes)為主；2.辛辣成分，主要為薑辣素類(gingerols)及薑烯酚類(shogaols)；3.二苯基庚烷類(Diarylheptanoids)，如薑烯酮(gingerenone)(陳，2016)。薑的藥理作用包含鎮靜解熱及止吐止暈(林等，2013；Soltani *et al.*, 2018)、止痛、抗炎及抗氧化(呂等，2009；吳，2013)、抗癌(Hsu *et al.*, 2010；Lee *et al.*, 2022)、抗凝血及改善心血管疾病等功效(Zadeh and Kor, 2014)，臨床上已實際應用於治療風濕痛(Al-Nahain *et al.*, 2014)、消化不良及咳嗽等症狀(陳等，2014；Alharbi *et al.*, 2022；Singletary, 2010)。薑在傳統醫學上也有多種應用，如中醫常用於調和氣血、溫通經絡等，印度傳統醫學阿育吠陀(Ayurveda)薑可用於改善消化、增加排氣、提升免疫力、促進循環、止痛、抗水腫、減少感冒等(Kumari *et al.*, 2021；Nair, 2019)。

二、薑的栽培情形及臺灣的產業現況

1. 全球薑的栽培情形

根據聯合國糧食及農業組織(FAO)2021年的統計資料顯示，印度為薑栽培面積及產量最多的國家，其栽種面積為20萬5000公頃，總產量為222萬5,009公噸。依栽培面積其次為中國，栽培面積為6萬0,871公頃，總產量63萬8,592公噸；尼泊爾則排序第三，其栽培面積為2萬1912公頃、總產量為27萬9207公噸；其後分別為印度尼西亞、孟加拉、泰國、喀麥隆、秘魯、斯里蘭卡與奈及利亞(表1)。另依據國際貿易中心(International Trade Centre, ITC)報導指出，薑為世界第三大貿易香料，在2016年全球生薑進口總額超過7.57億美元，目前世界主要出口國為中國、泰國與荷蘭，進口國則為歐盟、美國及日本，用於製造薑粉、薑油(ginger oil)、油性樹脂及醃漬薑片等(ITC, 2018；邱等，2022)。

2. 薑於臺灣的產業現況

薑為臺灣重要香辛類佐料蔬菜，主要產區為南投縣、臺東縣及花蓮縣等地，受限農村勞力缺乏、飲食習慣的改變及連作病害的發生(王與蔡，2021；陳等，2020)，薑的栽培面積逐漸減少，近5年來栽培面積介於800-900公頃，總產量介於22,113-24,064公噸(表2)。參考農產品批發市場交易行情站，近5年嫩薑、粉薑及老薑平均價格每公斤約為45元，經計算國內薑產業整體產值上看10億元。臺灣栽培品種以廣東薑及竹薑為主。廣東薑又稱大指、粗鱗或南洋薑，分蘖較少但薑形肥大，產量較高、纖維少、辣味中等。竹薑俗稱小指薑，株型高、分蘖較多，產量較低、纖維多、辣味強，多用於加工醃薑外銷日本(蔡與蕭，2011)。

由於薑採無性繁殖為主，且產區具地域性，經常年栽植後，土壤性病害發生嚴重。薑

地下部病害主要為腐霉菌 *Pythium myriotylum* 造成的軟腐病(Soft rot)、青枯病菌 *Ralstonia solanacearum* 造成的細菌性青枯病(Bacterial wilt)及根瘤線蟲(*Meloidogyne incognita*)，以上皆為薑連作栽培上重要的限制因子，尤其是軟腐病危害最嚴重(王與蔡, 2021; 陳等, 2020; 蔡等, 2013)。目前克服薑連作障礙的相關研究較多，包含健康種苗應用(韓, 2000; 陳, 2020)、藥劑防治(黃, 1987; ISPS, 2005; Stirling, 2002)及有益微生物的應用 (Wang *et al.*, 2022)等，但效果有限，故現行農民仍傾向以新植輪作方式克服連作障礙。

表 1. 世界前 10 大生薑生產國家

Table 1. Top 10 ginger producing countries in the world.

Country	Area (ha)	Production (tons)	Productivity (tons/ha)
India	205,000	2,225,009	10.9
China	60,871	638,592	10.5
Nepal	21,912	279,207	12.7
Indonesia	10,610	307,242	29.0
Bangladesh	10,276	81,715	8.0
Thailand	10,060	169,028	16.8
Cameroon	6,891	66,633	9.7
Peru	6,423	47,798	7.4
Sri Lanka	5,312	49,186	9.3
Nigeria	5,312	46,959	8.8

FAOSTAT Database. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>

表 2. 臺灣近 5 年薑栽種面積、總產量與生產力的情形

Table 2. The ginger planting area, total output and productivity in Taiwan in the past five years.

Year	Area (ha)	Production (tons)	Productivity (tons/ha)
2021	851.2	22,216.3	26.1
2020	831.7	22,622.2	27.2
2019	888.0	24,064.8	27.1
2018	863.2	23,392.7	27.1
2017	906.3	22,113.7	24.4

(農情報告資訊網, 2021)

三、薑生長週期、採收成熟度及生長環境條件

1. 生長週期

依文獻指出，薑的生長可分成三個階段，第一階段為種薑萌芽，持續時間約 35-45 天，主要特徵為芽體及根系發育生長；第二階段為地上部快速生長期，持續時間約 150 天，主要特徵為新生芽體分化迅速，地上部生長旺盛，而根莖肥大相對較為緩慢；第三階段根莖肥大期，持續時間約 90 天，主要特徵為芽體與葉片生長停滯，根莖則迅速肥大(Anderson, 1991)。

Ravindran and Nirmal Babu (2005)將薑分為三個生育階段，苗期為薑的第一個長階段，苗期是從第一片葉片開放到形成兩個分蘗的階段，約為種薑定植後 60 至 70 天。苗期初期由種薑提供萌芽所需營養，幼苗出土後，鬚根逐漸增多，並產生一些小的側根，形成主要的吸收根系。在正常天候條件下，地上莖葉以每天 1 至 1.5 cm 的速度生長。在苗期末期，地上莖葉的乾物重約佔全株的 66.8%。苗期前 20 天葉片生長緩慢，每 3 至 4 天長出一片新葉。定植一個月後，新葉快速生長，每天約長出 1-2 片葉子，整個苗期形成葉片數占全生育期總葉量約 15.1%。薑在苗期階段生長緩慢，生物量僅占全期的 7.83%，需有效控制雜草，為後續分蘗的形成、根莖的膨大建立良好的基礎。

快速生長期為薑的第二個生長階段，此階段分蘗數，葉片數和葉面積急遽增加，隨後根莖迅速膨大，持續時間約為 70-80 天，快速生長期又可分為前期與後期。在前期階段，植株生長旺盛，生長重點在於地上部增長，此階段會形成許多分蘗，葉面積迅速增加，根系不斷生長，並形成一些肉質根，且根莖亦在此階段形成，但生長緩慢。於此階段田間管理應保持營養源供應充足，除可促進植株生長發育外，亦可形成健全的同化系統，確保生育階段維持較強的光合能力。後期階段，生長重點轉移至根莖上，此時根系發育趨於穩定，分蘗形成速度下降，葉面積達到穩定狀態，主要光合產物運移並貯藏於根莖中，為根莖迅速膨大階段。此階段則需保持水、養分的有效性，防止莖葉提早衰老，適時適量的灌溉、施肥、培土等措施，能有效的提高產量。

根莖休眠期為薑的第三個生長階段，由於薑不耐冰霜，通常會在結霜期前採收，植株在冬季低溫期間進入休眠狀態，於次年春季氣溫回升時，進入下一個生長期。

2. 薑的採收成熟度

在臺灣薑的採收類型可分成三種，分別為嫩薑、粉薑及老薑(許，2005)；國外通常只分嫩薑(Tender Ginger、Young ginger)及熟薑(Mature ginger)或種薑(Seed Ginger) (Ravindran and Nirmal Babu, 2005)。薑的採收成熟度取決於最終產品類型、市場價格與氣候條件。作蔬菜或薑汁、糖果、軟性飲料、醃漬及酒精飲料等，採收期應在定植後 4-5 個月；作老薑或萃取製成乾薑、薑油、油性樹脂等產品，採收期應在定植後 8-10 個月(Nair, 2019)。若栽培地區位在高海拔、氣候較為涼爽的環境條件時，植株成熟則會延遲(Ravindran and Nirmal Babu, 2005)。纖維、揮發油及辣味含量為加工評估的重要指標，這些成分相對含量取決於

採收成熟度(Natarajan *et al.*, 1972)。通常油樹脂和揮發油含量在種薑定植 5-6 個月後急劇上升，在定植 6 月後則會下降，隨之粗纖維含量及辣味成份則逐漸累積。一般而言，根莖粗纖維含量與辣味成份會隨根莖生理年齡增長而增加(Natarajan *et al.*, 1972)。Baranowski (1986)研究顯示，根莖的重量、固形物及 6-薑辣素(6-gingerol)含量會隨栽培時間增加，但乾薑樹酯精油含量則隨栽培時間增加而減少。Sida *et al.* (2019)調查分析 6 個月與 9 個月成熟期鮮薑之抗氧化活性及化學成分，結果發現 9 個月的鮮薑擁有較高的碳水化合物及纖維含量，在總酚含量及抗氧化能力亦高於 6 個月的鮮薑，且 9 個月鮮薑含有較高的 6-薑辣素(6-gingerol)含量。

3. 環境條件對薑生育的影響：

(1)溫度：薑性喜溫暖濕潤的氣候，由於不能忍受低溫，主要產區集中在熱帶及亞熱帶地區，但經過長期的栽培、選育及馴化，已可適應較低的溫度。在栽培溫度方面，薑生長溫度不得低於 13°C，可正常生育溫度範圍為 19-28°C(Hackett and Carolane, 1982)。種薑在土壤中萌芽適溫為 22-25°C，20°C 以下萌芽會遲緩，如果溫度超過 30°C 時，發芽迅速但芽體細弱。植株最佳生長與發育溫度則為 27.5°C (Ravindran and Nirmal Babu, 2005)。Ai 等 (1998)研究指出，種薑及早期生長階段最適溫度為 22-28°C，根莖膨大階段則為 25°C，溫度若低於 15°C 以下則停止生長。

(2)光線：薑為相對性短日照植物，較長的日照可促進營養生長，種薑萌芽則需要低光環境。當光週期為 16 小時，植株生長旺盛，根莖變得細長，且較易形成新芽。當植株生長至一定大小後，在相對較短的光週期，則可促進根莖肥大。Pandey *et al.* (1996)的研究顯示薑在 12-14 小時光週期環境時，能促進嫩薑產量，且植株不會休眠，而 10 小時光週期則能促進老薑產量。適度的光強度能促進薑的生長，研究顯示，單葉光補償點為 20-30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，其光照飽和點為 660 至 820 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Ai *et al.*, 1998)。萊蕪大薑有不同研究成果，該品種的單葉光照飽和點為 1290 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 而植冠層則為 1950 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Xu *et al.*, 2004)。

(3)水分：薑為需水量高作物，在降雨量較少的地方，需要定期灌溉，才能維持植株正常生長。根據昆士蘭灌溉和供水委員會(Queensland Irrigation and Water Supply Commission)建議薑在整個生長週期總用水約為 1320-1520 mm (1320-1520 L/m²)，適當的供水可增加根莖的產量和精油含量。對薑的生長週期而言，發芽期、根莖萌生期(定植後 90 天)和根莖發育期(定植後 135 天)為灌溉關鍵階段，須維持土壤濕潤(Lawrence, 1984)。Vaidya *et al.* (1972)則建議第一次灌溉是在定植後立即給水，頻率為每隔 10 天灌溉 1 次，用水量為 90-100 mm，總共 16-18 次。在中國夏季或乾旱月份每隔 4 至 6 天給水，讓土壤水分維持在 70-80% 左右，可增加根莖產量(Ai *et al.*, 2005)。

(4)土壤：在土壤方面，薑雖可種植在不同質地的土壤，如沙壤土(sandy loams)、黏壤土(clay loams)、沖積土(alluvial)及紅土(lateritic soils)，但對土壤酸鹼度(pH value)很敏感。薑性喜微酸性土壤，在 pH 值 5-7 的土壤中生長良好，但當 pH 值大於 8 則生長遲緩。在

印度主要產區多為紅土栽培，如喀拉拉邦(Kerala)、卡納塔克邦(Karnataka)、奧里薩邦(Odisha)、西孟加拉邦(West Bengal)、馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)(Nair, 2019)，臺灣名間鄉產區亦為紅土栽培。在臺灣薑主要栽種在排水良好，富含有機質及養分的深層土壤。一般而言，生產嫩薑宜選擇保水性佳的土壤，如砂質壤土，如此所產的薑，肉質柔嫩，纖維少而汁多，辛辣味亦較弱；生產老薑則以排水良好的砂質土為宜，所產的薑肉質緊實，汁少味強(許，2005)。

四、種薑萌芽與催芽之研究

薑採無性繁殖，通常使用切塊的老薑作為種薑進行繁殖，栽培溫度為影響種薑萌芽的關鍵因子。研究指出，種薑在土壤溫度 15°C 以上，有效積溫達 1,200-1,300°C 才能順利萌芽，通常種薑萌芽所需時間會隨栽培溫度增加而縮短，在相對高溫(29-30°C)萌芽雖快，但芽體通常細弱；在相對低溫(16-17°C)時，萌芽時間則較長，芽體則較小，最適萌芽溫度為 24-25°C，萌芽所需時間較 30°C 處理多，但形成的芽體通常較強健(Ravindran and Nirmal Babu, 2005)。種薑萌發芽體的大小，會顯著影響後續植株生長及根莖膨大，研究顯示細長芽(長度 2 cm 以上、厚度 0.8-1.0 cm)葉片生長雖早，長得快，但在生長初期活力較差，葉面積較小，導致後續植株生長較為遲緩，生長後期葉片也有提早衰老的情況，最終根莖產量不高；標準芽(長度 1-2 cm、厚度 1.0 cm)及小芽(長度低於 1 cm、厚度 0.5-0.7 cm)葉片生長雖較晚，但生長期活力較佳，整體葉面積較細長芽處理高，最終產量亦高於細長芽處理。因此，如何培育強健的芽體是薑成功生產的主要技術(Zhao *et al.*, 1992)。在臺灣利用高溫促進種薑的研究顯示，環境條件為 30-35°C 時，能增加廣東薑萌芽速度，但不影響萌芽數(葉，1999；陳等，2014)。

種薑規格為影響萌芽原因之一，種薑切塊的長度及重量會因栽培環境與品種而異。Wang 等(2003)在中國地區使用四個種薑規格，分別為 100±5 g、75±5 g、50±5 g 和 25±5 g，結果發現使用較大的種薑能提早萌芽，並促進植株早期生長。然而，最大及最小規格的種薑卻不利於根莖形成及膨大，就產量而言，以 75±5 g 種薑規格優於其他處理。一般而言，較大塊的種薑會增加萌芽速度，並促進後續植株生長，進而提高產量，通常種薑大小為 14-56 g，並帶有 2-3 個芽點為佳(Whiley, 1990)，但各國在種薑使用規格上亦有所差異，印度種薑重量為 15-25 g；澳大利亞為 28-60 g；孟加拉為 21-30 g；中國為 75 g；奈及利亞為 20-25 g；尼泊爾為 60 g (Nair, 2019)，在臺灣種薑建議則為 50-70 g(許，2005)，名間鄉當地農民種薑使用重量則介於 30-170 g 不等，通常會以 2-3 芽點數作為分割標準。通常較大的種薑亦有更多的芽體，研究指出多個芽體可能同時發育成地上莖葉(Ravindran and Nirmal Babu, 2005)，因此建議每個種薑僅需保留 1-2 個強健的芽體，並移除多餘芽體，以便營養集中在主要芽體上(Ai *et al.*, 2005)。

農業生產上覆蓋的目的主要是保持土壤水分和控制雜草生長，並在大量降雨時減緩表面徑流，有助於保護土壤，亦提供遮陰。在亞熱帶和溫帶地區，覆蓋會增加土壤溫度，可促進種薑萌芽，增加水分滲透，保持土壤水分，調節土壤溫度，減少地表蒸發，增強微生物活性，並改變土壤的物理和化學性質，增加磷和鉀肥有效性，並減少線蟲感染情形(Ravindran and Nirmal Babu, 2005)。應用於薑生產的覆蓋資材有許多，包含稻稈、稻殼、乾草、木屑、森林枝葉、蔗渣、麥稈、椰子葉、香蕉葉或聚乙烯等，通常以有機物或植物殘體作為覆蓋時亦有培土效果，能增加土壤肥分及有機質含量，進而促進植株生長，並增加根莖產量，部分研究亦顯示覆蓋有機資材有減少腐霉菌感染情形(Nair, 2019)。在臺灣中部地區為了提早採收嫩薑，有使用透明聚乙烯布覆蓋以提高環境溫度促進種薑萌芽(鍾，2001)，通常覆蓋透明聚乙烯布的時間會從種薑定植至地上莖葉生長後達高度 50 cm 左右時才移除，在此栽培期間會依地上莖葉開展情形進行打洞換氣、割破塑膠布方式增加透氣及光線，以利植株後續生長。

另有研究顯示部分生長調節劑或化學藥劑可作為種薑催芽劑，Islam *et al.* (1978)試驗結果種薑以 35°C 溫湯或 250 ppm 益收(Ethephon)浸泡 15 分鐘，能有效促進萌芽，其中又以益收處理效果較佳。Furutani *et al.* (1985)以 750 ppm 益收加上 51°C 溫湯浸泡 10 分鐘可增加種薑的萌芽數。Evenson *et al.* (1978)利用益收作為催芽藥劑，可增加種薑內生乙烯的形成並促進萌芽。吳(2010)以冰醋酸作為種薑催芽劑，在 25°C 環境條件下，每公斤種薑噴施 0.2-0.4 ml 冰醋酸，能促進形成較多大芽。陳等(2014)以 1% 檸檬酸浸泡種薑 20 分鐘，隨後利用 PE 袋包裝置於 30°C 環境條件下，可有效促進芽體萌發，對於調節嫩薑產期及增加產量有所助益。此外，高濃度 CO₂ 亦有相同效果，研究顯示 3% CO₂ 處理 1 天就能促進種薑萌芽，而利用 80% 及 100% 高濃度 CO₂ 處理則較 3% 處理縮短到萌芽時間約 5 天(葉，1999)。在中國則利用薑閣(丁，2007)、電熱(陳等，2007)等處理，改變栽培溫度方式促進種薑萌芽。國內現行種薑多用益收生長素作為催芽藥劑，然而，種薑經益收生長素催芽後往往形成過多芽體，芽體間養分競爭而使芽體纖弱，不利於後續生長(陳等，2014)。

五、生長調節劑在薑生產上研究

植物荷爾蒙(plant hormones or phytohormones)係由植物體合成的微量小分子有機化合物，具有調節植物生長與發育的功能；由人工合成類似植物荷爾蒙的化學物質被稱為植物生長調節劑(plant growth regulators, PGRs)，在農業生產上使用，能有效調節作物的生育過程，達到穩產增產、改善品質、增強作物抗逆性等目的(林與楊，2011)。目前生長調節劑在薑的生產應用研究較少，多數文獻集中在組織培養領域，究其原因乃薑採無性繁殖，根莖增殖倍率較低，同時種薑也是商品(老薑)，進而限制其利用性；其次為無性繁殖存在退化及攜帶病原菌的風險；栽培期長且易感染土傳性病害，如腐霉菌、軟腐病及線蟲等；開

花結實率低，育種困難(Mosie, 2019)。透過組織培養技術，薑能在短時間內獲得大量無病毒幼苗，可作為克服連作障礙有效方式之一(陳等, 2018; 陳等, 2020)。根據研究，根莖芽、莖頂、葉片及花等部位都可作為培植體(Kasilingam, 2018; Mosie, 2019)，而培養基中添加 BAP(6-benzylaminopurine)、IAA(Indole-3-acetic acid)、IBA(Indole-3-butyric acid)、Kinetin 和 NAA(1-Naphthaleneacetic acid)等植物生長調節劑，均可促進培植體萌芽(Arimura *et al.*, 2000)。

直接噴施生長調節劑能調節薑的生長，具打破根莖休眠、誘導開花及促進根莖肥大等作用。Das 與 Nair (1976)在定植 6 月後施用含 200 ppm NAA 的 2% 尿素能增加根莖產量；種薑在定植 70 天後，每隔 15 天葉面噴施 200 ppm 益收共 3 次，能促進植株營養生長，改用克美素(Cycocel)則對營養生長沒有顯著影響，但使用 100 ppm Cycocel，能增加揮發油及纖維含量，而低濃度益收處理亦能增加揮發油及粗纖維含量(Jayachandran and Sethumadhavan, 1979)。Furutani 與 Nagao (1986) 研究顯示，GA₃(gibberellin A3)會抑制薑開花及萌芽。益收及 Daminozide 則對開花無影響，但會促進萌芽；使用 Daminozide 會促進根莖產量增加，但使用 GA₃ 或益收則會減產。種薑定植 2 個月後，每隔 20 天以 50-400 ppm 益收噴施葉面共 2 次，能顯著提升根莖產量；嫩薑採收前施用 50 ppm Kinetin 能增加揮發油及澱粉含量，且不影響粗纖維含量(Jayachandran and Sethumadhavan 1988)。Ravindran *et al.* (1998)測試 1-三十烷醇(Triacontanol)、巴克素(Paclobutrazole)及和 GA₃ 對薑根莖生長及發育的影響，與對照處理相比，Triacontanol、Paclobutrazole 處理會顯著促進根莖皮層細胞變厚，GA₃ 則會抑制開花及萌芽；Obasi and Atanu(2004)在定植 8 週後，每隔 24 天葉面噴施 GA₃、益收及 Cycocel 共 5 次，調查生長調節劑對開花與根莖產量的影響，結果顯示 GA₃ 處理會抑制開花及萌芽；益收處理則對開花無影響但可促進萌芽。在葉面積、葉片生長率、莖伸長率、活力指數及根莖產量會隨 Cycocel 施用濃度增加而提高，尤其是 250 ppm Cycocel 處理，可顯著提高根莖產量 36.4%，但在 GA₃ 與益收處理則隨之降低。Sengupta *et al.* (2008)研究則呈現不同結果，在種薑定植 90 天與 120 天後葉面噴施 GA₃、益收及 Cycocel，其中 150 ppm GA₃ 處理能獲得最大株高、葉片長度及產量；100 ppm 及 150 ppm 益收處理分別能獲得最大葉片數及地上莖數，而 200 ppm Cycocel 處理則能獲得最大葉寬。Pariari *et al.* (2018)研究指出，大薑種植 9 個月後於採收前 1 個月葉片噴施 150 ppm GA₃ 處理能獲得較高的株高、根莖團塊長度、寬度及產量，另在分蘗數、根莖分枝數、長度及直徑、精油及油性樹脂含量則以 500 ppm Cycocel 處理較佳。

參考文獻

- 丁祖名、楊自保。2007。生薑薑閣催芽技術。中國蔬菜 4: 45。
- 王志偉、蔡恕仁。2021。臺東地區薑軟腐病與青枯病之診斷鑑定與發生調查。臺東區農業改良場研究彙報 31: 29-46。
- 行政院農業委員會農糧署。2023。農業統計年報查詢。農情報告資源。
<http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp>。
- 吳寶芬。2010。冰醋酸處理對薑萌芽及生長之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。
- 吳俊民。2013。生薑中 6-薑酚與薑酮之萃取純化及其抗氧化性之研究。國立高雄應用科技大學化學工程與材料工程系碩士論文。
- 呂珮嘉、黃蕙君、張聰民。2009。[6]-生薑醇抗氧化能力之研究。弘光學報 56: 207-217。
- 邱燕欣、王程宏、林杏穗、薛道原、簡怡文、張定霖。2022。薑地方品種保存首部曲：起源。種苗科技專訊 117: 8-12。
- 林孟璇、楊純明。2011。植物荷爾蒙介紹及其對改善逆境之應用。農業試驗所技術服務 86: 24-26。
- 林佩諭、張嘉玲、翁麗雀、黃雅卿。2013。薑對化學治療引起噁心嘔吐之成效。長庚護理 24(2): 147-155。
- 許文章。2005。薑。刊於：黃美華等編著。臺灣農家要覽農作篇(二)。p.301-304。豐年社。臺北。
- 陳文博。2006。生薑與乾薑成分含量之比較研究。臺灣師範大學化學系碩士論文。
- 陳義、何曉紅、陳志榮。2007。生薑催芽方式探索。四川農業科技 7: 35。
- 陳義。2010。閩中生薑催芽方法。四川農業科技 7: 25。
- 陳葦玲、李濡夙、蔡正宏、蕭政弘。2014。種薑催芽方法改進之研究。臺灣園藝 60(4): 253-264。
- 陳盈信、戴俊典、陳立耿、童承福。2014。薑的功效與藥理作用。藥學雜誌電子報 120: 80-84。
- 陳威臣、曹進義、吳姿穎、夏奇鈺。2018。植物生長調節劑與兩階段培養對薑組織培養苗增殖與生長之影響。臺灣農業研究 67: 403-415。
- 陳威臣、夏奇鈺、曹進義。2020。利用無特定病原組培薑苗建構健康種薑養成體系簡介。農業試驗所技術服務季刊 124: 20-25。
- 黃穗昌。1987。薑軟腐病之研究。台東區農業改良場研究彙報 1: 97-109。
- 葉文彬。1999。二氧化碳促進種薑萌芽之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。
- 蔡正宏、蕭政弘。2011。臺灣生薑產業現況。臺中區農情月刊 140: 2。
- 蔡正宏、劉興隆、陳俊位、蔡宜峰、張致盛。2013。薑連作病害與催芽技術之研究。植物種苗 15: 57-67。

- 鍾淑惠。2001。嫩薑產期調節與貯藏之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。
- 韓青梅。2000。薑(*Zingiber officinale*, Roscoc.)之莖頂培養。高雄區農業改良場研究彙報 11(2): 37-46。
- Anderson, T. 1991. Growth phases of the ginger plant. Inlightingsbulletin Navorsingsinstituut vir Sitrus en Subtropiese Vrugte 225: 17-19.
- Ai, X. Z., J. F. Song, and X. Xu. 2005. Ginger production in southeast Asia. p.241-278. In: P. N. Ravindran and K. N. Babu (eds.). Ginger: the genus *zingiber*. CRC Press, New York.
- Ai, X. Z., Z. X. Zhang, and S. H. Wang. 1998. Study on photosynthetic characteristics of different positions of leaves in ginger. Acta Hort. Sinica 25: 101-104.
- Al-Nahain A., R. Jahan, and M. Rahmatullah. 2014. *Zingiber officinale*: A potential plant against rheumatoid arthritis. Arthritis, 159089.
- Alharbi, K. S., M. S. Nadeem, O. Afzal, S. I. Alzarea, A. S. A. Altamimi, W. H. Almalki, B. Mubeen, S. Iftikhar, L. Shah, and I. Kazmi. 2022. Gingerol, a Natural Antioxidant, Attenuates Hyperglycemia and Downstream Complications. Metabolites, 1274.
- Arimura, C. T., F. L. Finger, and V. W. D. Casali. 2000. Effect of NAA and BAP on ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) sprouting in solid and liquid medium. Rev. Bras. de Plantas Medicinai 2: 23-26.
- Baranowski, J. D. 1986. Changes in solids, oleoresin, and (6)-gingerol content of ginger during growth in Hawaii. Hortic. Sci. 21: 145-146.
- Das, R.C. and G. S. Nair. 1976. The effect of foliar application of urea and Planofix on growth, yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). Orissa J. Hort. 4: 13-22.
- Evenson, J. P., P. J. Bryant, and C. J. Asher. 1978. Germination and early growth of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) I. Effect of constant and fluctuating temperature. Trop. Agric. 55:1-7.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2021. FAOSTAT Database. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>
- Furutani, S. C., J. Villanueva, and M. J. Tanabe. 1985. Effect of ethephon and heat on the growth and yield of edible ginger. HortScience 20:392-393.
- Furutani, S. C. and M. A. Nagao.1986. Influence of daminozide, gibberellic acid and ethepon on flowering, shoot growth and yield of ginger. HortScience 21:428-429.
- Hackett, C. and J. Carolane. 1982. Edible horticultural crops A Compendium of information on fruit, vegetable, spice and nut species. In Part I: Introduction and Crop Profiles. London.
- Hsu, Y. L., C. Y. Chen, M. F. Hou, E. M. Tsai, Y. J. Jong, C. H. Hung, and P. L. Kuo. 2010. 6-Dehydrogingerdione, an active constituent of dietary ginger, induces cell cycle arrest and apoptosis through reactive oxygen species/c-Jun N-terminal kinase pathways in human breast

- cancer cells. *Mol. Nutr. Food Res.* 54: 1307-1317.
- Islam, A. K. M. S., C. J. Asher, D. G. Edwards, and J. P. Evenson. 1978. Germination and early growth of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) II. Effects of 2-chloroethyl phosphonic acid or elevated temperature pretreatments. *Trop. Agric.* 55: 127-134.
- ISPS (Indo Swiss Project Sikkim). 2005. Experiences in collaboration-ginger pests and diseases. Intercooperation India Programme Series 1. Intercooperation Delegation. Hyderabad. India.
- I. T. C. News 2018. These are the world's three most traded spices. ITC. Retrieved from <https://intracen.org/news-and-events/news/these-are-the-worlds-three-most-traded-spices>
- Jayachandran, B. K. and P. Sethumadhavan. 1979. Vegetative growth of ginger (*Zingiber officinale* R.) as influenced by Cycocel, Ethrel and Kinetin. *Agril. Res. J. Kerala* 17: 67-70.
- Jayachandran, B. K. and P. Sethumadhavan. 1988. Effect of CCC, etherel and kinetin on quality of ginger (*Zingiber officinale* R.). *Agric. Res. J. Kerala* 26(2): 277-279.
- Kasilingam, T., G. Raman, N. D. Sundramoorthy, G. Supramaniam, S. H. Mohtar, and F. A. Avin. 2018. A review on *in vitro* regeneration of ginger: Tips and highlights. *Eur. J. Med. Plants*, 23: 1-8.
- Kaushal, M., A. Gupta, D. Vaidya, and M. Gupta. 2017. Postharvest management and value addition of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): a review. *Int. J. Environ. Agric. Biotech.* 2: 397-412.
- Kumari, I., S. Madhusudan, B. Walia, and G. Chaudhary. 2021. *Zingiber officinale* (ginger): A review based upon its ayurvedic and modern therapeutic properties. *Int. J. Curr. Res.* 13(3): 16583-16587.
- Lawrence, B.M. 1984. Major tropical spices-Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *Perfumer. Flavorist.* 9: 1-40.
- Lee, K. C., K. L. Wu, S. F. Chang, H. I. Chang, C. N. Chen, and Y. Y. Chen. 2022. Fermented ginger extract in natural deep eutectic solvent enhances cytotoxicity by inhibiting NF-κB mediated CXCR4 chemokine receptor 4 expression in oxaliplatin-resistant human colorectal cancer cells. *Antioxidants (Basel)*, 11.
- Mohd, Y. S., M. A. Manas, N. J. Sidik, R. Ahmad, and A. Yaacob. 2015. Effects of organic substrates on growth and yield of ginger cultivated using soilless culture. *Malaysian Appl. Biol.* 44: 63-68.
- Mosie, T. 2019. A Review on Influence of Growth Regulator, and Culture Condition on Micro-Propagation of Ginger (*zingiber officinale*). *Int. J. Food Sci. Agric.* 3: 200-204.
- Nair P. K. 2019. Turmeric (*Curcuma longa* L.) and ginger (*Zingiber officinale* Rosc.)-world's invaluable medicinal spices the agronomy and economy of turmeric. Springer, Cham, Switzerland, 568 pp.

- Natarajan, C. P., S. Kuppaswamy, N. B. Shankaracharya, R. Padma Bai, B. Raghavan, M. N. Krishnamurthy, F. Khan, Y. S. Lewis, and V. S. Govindarajan. 1972. Chemical composition of ginger varieties and dehydration studies of ginger. *J. Food Sci. Technol.* 9(3): 120-124.
- Obasi, M. O. and S. O. Atanu. 2004. Effect of growth regulators on growth, flowering and rhizome yield of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *Niger. J. Hort. Sci.* 9: 69-73.
- Pariari, A., C. S. Karthik, and S. Das. 2018. Studies on the influence of different plant growth regulators on growth, yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) variety Nadia in gangetic alluvial plains of west bengal. *Int. J. Chem. Stud.* 6:1640-1643.
- Plotto, A. 2002. Ginger: Post-Production Management for Improved Market Access. Food and Agriculture Organization (FAO). Edited by François Mazaud, Alexandra Röttger and Katja Steffel. Post-harvest Compendium. <http://www.fao.org/3/aav003e.pdf> accessed 20/04/2017
- Ravindran, P. N., A. B. Remashree, and K. K. Sherlija. 1998. Developmental morphology of rhizomes of ginger and turmeric. Final report of Indian Council of Agricultural Research New Delhi Ad-hoc Project, Indian Institute of Spices Research, Calicut, Kerala State, India.
- Ravindran, P. N. and K. Nirmal Babu. 2005. *Ginger: The Genus Zingiber*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 573 pp.
- Sengupta, D. K., T. K. Maity, and B. Dasgupta. 2008. Effect of growth regulators on growth and rhizome production of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) in the hilly region of Darjeeling district. *J. Crop Weed* 4:10-13.
- Sharma, Y. 2017. Ginger (*Zingiber officinale*)-An elixir of life a review. *Pharma Innov.* 6(10): 22-27.
- Sida, S., S.S. Rajnibhas, and U. Niramoni. 2019. Influence of maturity and drying temperature on antioxidant activity and chemical compositions in ginger. *J. Curr. Appl. Sci. Technol.* 19: 28-42.
- Singletary, K. 2010. *Ginger*. *Nutr. Today* 45: 171-183.
- Soltani, E., A. Jangjoo, and A. Aghaei. 2018. Effects of preoperative administration of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on postoperative nausea and vomiting after laparoscopic cholecystectomy. *J. Tradit. Complement. Med.* 8: 387-390.
- Stirling, A. M. 2002. *Erwinia chrysanthemi*, the cause of soft rot in ginger (*Zingiber officinale*) in Australia. *Australas. Plant Pathol.* 31: 419-420.
- Symon, S. 2016. Development of a ginger product to add value to the Fijian ginger industry. Pacific Horticultural and Agricultural Market Access (PHARMA) Program Technical report 110:129 pp.
- Vaidya, V. G., K. R. Sahasrabudhe, and V. S. Khuspe. 1972. *Crop production and field experimentation*. Poona: Continental Prakashan.

- Wang, C. W., J. W. M. Wong, S. S. Yeh, Y. E. Hsieh, C. H. Tseng, S. H. Yang, and S.L. Tang. 2022. Soil bacterial community may offer solutions for ginger cultivation. *Microbiol. Spectr.* 10(5): e0180322.
- Wang, G., K. Xu, and Y. Zhang. 2003. Effect of seed ginger size on growth and yield of ginger (*Zingiber officinale*). *China Veg.* 1: 13-15.
- Wang, Jenn-Che. 2000. *Flora of Taiwan*. second edition 5: 720.
- Whiley, A. W. 1990. Effect of "seed piece" size and planting density on harvested "knob" size and yield in two cultivars of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) grown in Southeast Queensland. *Acta Hort.* 275: 167-172.
- Xu, K., Y. Y. Guo, and X. F. Wang. 2004. Studies on the Photosynthetic Characteristics of Ginger. *Acta Hort.* 629: 347-353.
- Zadeh, J. B. and N. M. Kor. 2014. Physiological and pharmaceutical effects of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as a valuable medicinal plant. *Eur. J. Exp. Biol.* 4:87-90.
- Zaman, M.M., A.S.M.H. Masum, N.U. Ahmed, M.A. Salam, and M.H. Rahman. 2002. Effect of tillage and mulch on the growth and yield of ginger in the Hilly area. *J. Biol. Sci.* 2: 121-123.
- Zhao, D. W. and K. Xu. 1992. A study on optimizing technical system schemes for high yield of ginger. *J. Shandong Agric. Univ.* 23(3): 221-226

The Industry, Growth and Application of Plant Growth Regulators on Sprouting and Production of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)

Chang-Sheng Chien ¹⁾ Yu Sung²⁾

Key words: Ginger, Growth, Sprouting, Plant growth regulators, Production

Summary

Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) is a perennial herbaceous plant that reproduces asexually with rhizomes. The plump rhizomes can be used for food and medicine. It is one of the important spice crops in the world. India is the largest producer of ginger. Ginger likes a warm and humid climate. It takes about 270 days to harvest after planting in Taiwan. It is determined by the maturity of the harvest. The famous area in Taiwan for producing young ginger in May is Mingjian Township, Nantou County where is the largest young ginger producing area. The price of early harvest of young ginger is higher, but the yield is lower due to the low temperature after planting ginger that delay the sprouting so shortened the growth period. At present, ethephon is mostly used to accelerate the sprouting of ginger but its technique still needs be improved. There are some studies related to the production of ginger by applying plant growth regulators. However, the use of growth regulators is not recommended in Taiwan, and little is known about the effects of growth regulators on the growth, yield, and quality of ginger. Based on the ginger industry's demand for sprouting technology and for increasing the yield by the application of growth regulators, the references about the growth, sprouting and applying growth regulators of ginger will be reviewed in this paper. This information will be expected to develop a suitable mode for enhancing the cultivation technology of ginger in Taiwan.

1) Student in Ph D. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

