

降低高溫逆境改善花椰菜結球障礙之研究¹

錢昌聖^{2*}、戴振洋²

摘 要

本試驗目的在於探討不同遮光率處理對花椰菜‘35’生育之影響。試驗結果顯示，花椰菜‘35’在高溫栽培期間利用 50%、70%與 80%遮光處理皆能降低土溫，平均土溫從 29.2°C 降低至 27.4-27.6°C。改善花球發育、增加結球整齊度與花球鮮重，又以遮光率 50% 處理效果較佳。遮光率 50% 處理之花球形成率為 97.4%、結球整齊度為 63.4%，皆顯著高於對照處理之花球形成率及結球整齊度。3 種遮光處理之平均花球鮮重皆優於對照處理。葉片營養元素分析結果顯示，遮光處理並未影響花球形成期與採收期葉片之氮、磷、鉀、鈣、鎂元素含量，處理間不具顯著差異性。綜合試驗結果顯示，遮光率 50% 處理可降低夏季花椰菜栽培時的高溫逆境，改善花球形成障礙，未來可推薦業界使用。

關鍵字：花椰菜、高溫逆境、結球性狀、遮光

前 言

花椰菜(*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)為十字花科薹屬蔬菜，性喜冷涼乾燥氣候，其食用部位為花球，屬綠植株春化型植物(green plant vernalization type)，溫度變化影響花芽分化與花球形成，也顯著影響最後販售價值，特別是在 30°C 以上高溫時，花球容易出現生理性障礙(蔡與郭，1981; Liptay, 1981; Richard *et al.*, 1996; Salter, 1969)。花椰菜依生長發育可細分為五個階段：(1)營養生長、(2)花球創始、(3)花球發育、(4)花球成熟(無花原基)、(5)花芽分化與花序分枝伸長(李與羅，2018; 蔡與郭，1981; Kuci *et al.*, 2012)。不同品種依定植至採收日數、花球生育適溫與春化處理溫度需求等，可分為極早生種、早生種、中生種、中晚生種及晚生種。極早生品種為定植後 35-45 天以內採收者，屬於耐熱性較強，但株型略小，平均花球重約 500 g，適合於臺灣平地 4 月至 9 月初播種為宜。早生種是指從定植日至採收日約 40 至 55 天，中生種是指從定植至採收日數約 55 至 65 天，耐熱性較弱，株型大，花球肥大快速，球重約 2-3 kg，適於 8 月至 10 月上旬播種。中晚生種是指從定植日至採收日約 65 天至 80 天，具耐寒性，適於 9 月中旬至 11 月下旬播種。晚生品種為 80 天以上採收者，耐寒力強，適於 10 月上旬至 12 月上

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第 1086 號

² 農業部臺中區農業改良場副研究員、前副研究員。

*通訊作者, chienecs@tcdares.gov.tw

旬播種，適合溫度約為13-22℃ (劉等人，2002; Kuci *et al.*, 2012)。當植株長至一定大小，依品種各有其相對的低溫要求，方能感應誘導發生花球創始，如極早生種所需溫度在22至23℃，早生種則在18至19℃，中生種為12℃左右，中晚生種約為5至8℃，晚生種則需溫度0至5℃，才能形成花球。當花球充分長大且密實、表面平整呈圓球形、邊緣尚未散開即可採收，採收時留下靠近花球的3-4片葉，保護花球及避免運輸損傷。

花椰菜在營養生長轉化為生殖生長過程中，如遇異常溫度容易導致生理性異常花球，如連續遇20℃以上的高溫，會導致花球原基分化逆轉向葉原基分化，即回春化作用，從而使花球花枝及花蕾之間出現葉片，形成夾葉花球。若是連續遇到25℃左右的高溫或5℃以下低溫，花芽則不能正常發育，植株僅不斷生長形成不結球或許久才結球，生育期及採收期延遲，會形成所謂的“不結球”。在花球膨大發育過程中，如遇高溫或低溫、濕度過高等，易形成“毛花”(汪等人，2005b; 蔡與郭，1981)。鑒於臺灣花椰菜產業常因夏季高溫逆境，導致植株偏矮小、花球呈扁圓狀、球重不足等情形。此外，栽培溫度亦顯著影響作物對營養要素的吸收及利用，例如磷在土溫低時，作物之吸收率大減，鉀在降雨浸水時，根的吸收率降低，鈣在高溫、通氣不良的條件下吸收率降低。因此，如何調整高溫逆境之生產技術，做出最適化因應調適措施為夏季花椰菜生產關鍵技術(李與羅，2018; 汪等人，2004; Nowbuth, 1998; Olesen and Grevsen, 1997)。本研究針對高溫逆境下花椰菜生產技術進行最適化因應調適措施，以克服炎熱高溫逆境下花椰菜結球障礙，減輕因高溫造成花球品質不佳的問題，另透過作物葉片營養元素分析，釐清環境溫度對花椰菜營養吸收的差異性，並依分析結果改進施肥方針，期以上調適措施能解決夏季供應短缺問題，並能增加農民收益。

材料與方法

一、試驗材料與地點

(一)供試品種：試驗以花椰菜‘35’ (陳盈彰農友育成品種)作為材料。

(二)試驗田區：試驗田位於彰化縣竹塘鄉(23.838544, 120.446514)，面積約 0.1 ha。

二、試驗方法

(一)試驗處理

於7月18日將花椰菜‘35’定植於試驗田區，利用黑色遮光網進行不同遮光率處理，分別如下：(A) 50%、(B) 70%、(C) 80%及(D)對照組(無遮光處理)，試驗田採逢機完全區集設計(Randomized complete block design, RCBD)，畦寬0.9-1.1 m，雙行植，株距0.45 m，每小區種植20株，共計4處理，4重複。採用128格穴盤育苗，於幼苗2-3片本葉時，依處理分別定植在各小區，於植株4-6片本葉後，進行遮光處理，處理時間為每日上午10時至下午2時，花球如雞蛋大小時，停止遮光處理，並將花球包覆泰維克不織布(Tyvek, 30×30 cm)。生育期間栽培管理依農民慣行方式行之。

(二)調查項目

試驗於花球採收適期調查不同處理之植株高度與寬度、最大葉之長度與寬度，結球整齊度(採收起始日(含)7天內可收成花球數量之占比)，花球結球率(結花球數÷種植株數×100%)，植株生長勢表現(採5分法，以植株高度與葉片展開情形進行評估；生長勢極強5分，生長勢強4分，生長勢普通3分，生長勢差2分，生長勢極差1分)，花球高度、寬度及單球鮮重等項目。

試驗環境光強度以手持式光譜分析儀HR-550 (Hipoint co ltd, Taiwan)進行測定，在遮光網下1 m與花椰菜植株上距離為30 cm處，以手持光譜分析儀測定並記錄。遮陰處理期間環境氣溫與土溫以Watchdog 2800型(Spectrum Technologies, USA)氣象站進行記錄，每小時記錄1筆數據，另以日為單位，個別計算處理期間之平均、最高及最低氣溫與土溫。

(三)分析項目與方法

花椰菜在花球形成初期及採收期，收集植株最大葉片為元素分析之樣品，於每小區隨機取樣4片混合。葉片樣品經70℃烘箱烘乾後磨粉，以濕灰法(硫酸)分解，測定氮、磷、鉀、鈣及鎂量。全氮量以微量擴散法測定，利用鉬黃法呈色及分光光度計HITACHI U-2900(Hitachi, Ltd., Japan)於吸光值420 nm下測定；以比色法測定其全磷量；利用鍍光分析儀測定其全鉀量；利用原子吸收分析儀測定其鈣及鎂含量。

三、統計分析

各小區所得數據資料經變方分析後，若處理差異顯著，則使用最小顯著性差異測驗(least significant difference, LSD)比較處理間差異是否已達到5%之顯著性。

結果與討論

一、不同遮光率處理氣溫及土溫之變化

本試驗以不同遮光率之遮光網進行遮光，遮陰處理期間記錄分析不同遮光率處理之環境因子，包含平均、最高及最低氣溫與土溫(表一)。結果顯示，遮陰處理期間氣溫平均為 28.6℃，最高氣溫 32.4℃，最低氣溫則為 26.5℃。在平均土壤溫度部分，以對照處理(無遮光)29.2℃最高，其次是遮光率 50%及遮光率 70%處理，土溫均為 27.6℃，遮光率 80%處理則為 27.4℃。最高土溫亦為對照處理 39.5℃最高，其次為遮光率 50%處理之 34.9℃，遮光率 70%處理為 34.0℃，遮光率 80%處理 33.8℃則為最低。最低土溫亦有相同結果，以對照處理之 23.8℃為最高，遮光處理溫度較低，遮陰 50%處理為 23.5℃；遮光率 70%及 80%處理均為 23.3℃(表一)。

環境之光強度部分，在 2022 年 9 月 7 日上午 11 時至 12 時調查記錄不同遮光網處理在波長 380-770 nm 範圍內之光強度變化(表二)。結果顯示，在遮光網下 1 m 處，以對照處理 101,183 Lux 最高，其次為遮光率 50%處理為 51,634 Lux、遮光率 70%處理為 39,604 Lux、遮光率 80%處理為 34,669 Lux，各遮光網處理與對照相差 49,549-66,514 Lux；光合作用光量子通量密度(Photosynthetic

Photon Flux Density, PPFD) (400-700 nm)部分, 對照處理為 $1,810 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 遮光率 50%處理為 $924 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、遮光率 70%處理為 $708 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、遮光率 80%處理為 $620 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 各遮光網處理與對照差 886-1,190 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。在植株上方 30 cm 處有相似的結果, 但整體光強度與光合作用光量子通量密度均較遮光網下 1 m 處低(表二)。在光強度部分, 以對照處理 92,781 Lux 最高, 其次分別為遮光率 50%處理為 48,841 Lux、遮光率 70%處理為 34,662 Lux、遮光率 80%處理為 31,940 Lux; PPFD 部分對照處理為 $1,657 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 遮光率 50%處理為 $868 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、遮光率 70%處理為 $618 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、遮光率 80%處理為 $568 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。

表一、試驗栽培期間氣溫及不同遮光率處理對土溫之影響

Table 1. The effect of air temperatures and soil temperatures under different shading rates during cultivation period ^z

Shading	Avg. temp.	Highest temp. (°C)	Lowest temp. (°C)
	Air temp.		
	28.6±1.98	32.4±1.33	26.5±0.88
	Soil temp.		
50%	27.6±1.17 ^y	34.9±1.26	23.5±0.67
70%	27.6±1.47	34.0±1.63	23.3±0.97
80%	27.4±1.13	33.8±0.89	23.3±0.67
CK	29.2±1.63	39.5±1.47	23.8±0.94

^zInvestigation period: 2022/07/27-2022/09/07.

^yMeans ± S.E of the measure factors.

表二、不同遮光率處理對光強度及光合作用光量子通量密度之影響

Table 2. The effect of different shading rates on light intensity and photosynthetic photon flux density (PPFD) ^z

Sh	1 m under the blackout net		30 cm above the plant	
	Light intensity (Lux)	PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Light intensity (Lux)	PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
50%	51,634±2,188 ^y	924±39	48,841±2413	868±43
70%	39,604±2,679	708±48	34,662±2432	618±44
80%	34,669±1,677	620±30	31,940±2468	568±43
CK	101,183±4,174	1,810±74	92,781±1914	1,657±34

^zInvestigation date: 2022/09/07 AM11:00-12:00.

^yMeans ± S.E of the measure factors.

二、不同遮光率處理對花椰菜生育性狀的影響

調查不同遮光率處理下花椰菜之生育性狀包括株高、株寬、最大葉片長度、寬度、結球率及植株生長勢表現(表三)。株高部分以遮光率 80%處理 45.9 cm 較高，其次為遮光率 70%處理為 44.7 cm、遮光率 50%處理則為 44.3 cm、對照處理則最低，僅 42.3 cm，但各處理間無顯著差異。株寬於各處理間亦無顯著差異，各處理介於 77.2-79.7 cm。最大葉片長度，以遮光率 80%處理 45.0 cm 為所有處理最高，但僅顯著高於對照處理之 41.1 cm。最大葉片寬度於處理間無顯著差異性，各處理間介於 17.6-18.6 cm。花球結球率以遮光網處理皆較對照處理佳，其中遮光網處理結球率介於 84.1-97.4%，並以遮光率 50%處理之 97.4%最高，均優於對照處理之 30.5%。花球結球整齊度為自開始採收後 7 天內已採收所佔全部花球之比例，試驗顯示花球結球整齊度介於 30.5-63.4%，花椰菜經遮光處理後，結球整齊度有顯著提升情況，優於對照處理，其中以遮光率 50%處理 63.4%為顯著最高，遮光率 70%與 80%為次高，皆顯著優於對照處理之 30.5%。植株生長勢表現以 5 分法評分，各處理間無顯著差異性，植株生長勢表現介於 3.9-4.1 間(表三)。

花球是花椰菜產量的標的物，花球結球率及整齊度將影響農民採收便利性、販售價格及農民收益(李與羅，2018; 汪等人，2005a; 蔡與郭，1981)。本研究期能利用遮光方式達到降溫的目的，營造適合花椰菜夏季栽培環境，其中花球結球整齊度由對照處理 30.5%提升至 48.1-63.4%，結球率更從 30.5%提升至 84.1-97.4%，均以遮光率 50%處理最佳。然遮光處理會使花椰菜植株生長發育過程處於弱光逆境下(李等人，2009; 徐，2004; Nowbuth, 1998)，造成植株葉片長度有增長情況，其中又以 80%遮光處理 45 cm 顯著高於對照組。

花椰菜原性喜冷涼乾燥氣候，後因在印度慢慢演化，形成較適應熱帶潮濕的環境。在日治時期由臺灣農業試驗所從印度和日本引進，透過多年馴化選育，現發展出許多不同的早生品種(蔡與郭，1981; Nowbuth, 1998; Richard *et al.*, 1996)。例如夏季早生品種‘Pefection’與‘Gypsy’花球創始的溫度上限為 23.1-24℃，最適溫度為 9.4-13℃，溫度下限則為 2.2- 2.9℃ (李與羅，2018; 汪等人，2005b)。本試驗使用花椰菜‘35’，是臺灣夏季主要栽培品種，近年來極端氣候頻繁發生，夏季高溫不斷刷新紀錄，嚴重影響對溫度敏感的花椰菜生長及品質，為了因應氣候變遷衝擊和挑戰，夏季花椰菜栽培調適策略刻不容緩，以維護安全生產、降低氣候風險。本研究顯示花椰菜‘35’在平均氣溫 28.6℃、最高溫度 32.4℃、最低溫度 26.5℃的栽培環境，結球率僅剩 30.5%，說明該栽培環境不利於花椰菜‘35’花球創始，本試驗透過遮光處理則能有效增加結球率，並改善花球結球整齊度，足以說明栽培溫度對花椰菜花球創始的影響性，更證實遮光處理可作為克服夏季高溫逆境造成花椰菜結球不良之有效調適方法之一。

表三、不同遮光率處理對花椰菜‘35’生育性狀的影響

Table 3. The effect of different shading rates on the growth characteristics of cauliflower cultivar '35' ^z

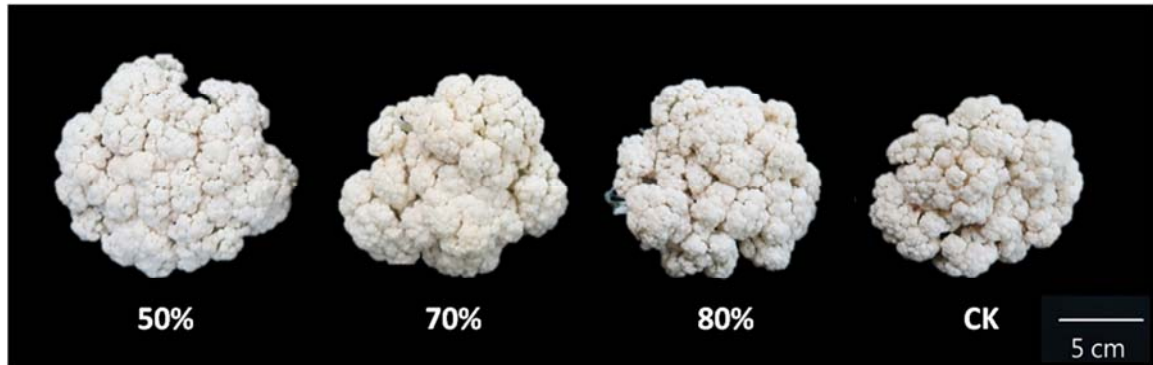
Shading	Plant		Leaf		Uniformity (%)	Curd rate (%)	Vigour ^x
	Height (cm)	Diameter (cm)	Lenght (cm)	Width (cm)			
50%	44.3 ^{a y}	77.2 ^a	44.3 ^{ab}	17.7 ^a	63.4 ^a	97.4 ^a	4.1 ^a
70%	44.7 ^a	79.7 ^a	43.4 ^{ab}	17.7 ^a	54.2 ^b	88.2 ^a	4.1 ^a
80%	45.9 ^a	78.9 ^a	45.0 ^a	18.6 ^a	48.1 ^b	84.1 ^a	4.1 ^a
CK	42.3 ^a	77.5 ^a	41.1 ^b	17.6 ^a	30.5 ^c	30.5 ^b	3.9 ^a

^zPlanting date: 2022/07/18; investigation date: 2022/09/27.^yMeans with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significant difference.^xVigor assessment: very vigorous: 5 points, vigorous: 4 points, average vigor: 3 points, weak vigor: 2 points, very weak vigor: 1 point.

三、不同遮光率處理對花球性狀之影響

調查花椰菜‘35’在不同遮光率處理之花球性狀，結果顯示在花球之球徑及花球鮮重具顯著差異性(表四)。在球高於各處理間無顯著差異性，遮光率 70%處理最高，遮光率 50%最低，分別為 14.1 cm 及 13.3 cm。球徑方面，對照處理之球徑 13.9 cm 為所有處理中最小，其他遮光處理則介於 14.5-14.6 cm，處理間無顯著差異。花球鮮重以遮光處理顯著高於對照處理，遮光率 50%、70%及 80%處理之，花球鮮重分別為 395 g、374 g 及 378 g，並以遮光率 50%處理最高，惟遮光處理間無顯著性差異(表四)。

光照為植物生長發育重要的環境因素之一，其中最直接影響就是作物進行光合作用及溫度(李等人，2009; 汪等人，2005a; Nowbuth, 1998)。不同作物對光照強度要求不同，花椰菜喜光照充足，要求中度光照強度，光飽和點約為 1095 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 。本試驗利用不同遮光處理達到降溫效果，進而造成弱光逆境，使得作物光合作用能力降低，故本試驗待花球如雞蛋大小時停止遮光處理，期能達到遮光降溫促使花球創始及花球初期發育良好之目的，並在花球肥大期不再遮光，以利作物光合作用，達到維持花球鮮重及品質(圖一)、降低夏季高溫逆境影響花椰菜結球之目的(李與羅，2018; 李等人，2009; 劉等人，2002)。



圖一、不同遮光率處理對花椰菜‘35’品種花球發育之影響。

Fig. 1. The effect of different shading rates on the curd development of cauliflower cultivar '35'.

表四、不同遮光率處理對花椰菜‘35’花球品質及產量之影響

Table 4. The effect of different shading rates on the curd quality and yield of cauliflower cultivar '35'^z

Shading	Curd height (cm)	Curd diameter (cm)	Curd FW. (g/plant)
50%	13.3 ^{a,y}	14.5 ^a	395 ^a
70%	14.1 ^a	14.5 ^a	374 ^a
80%	13.8 ^a	14.6 ^a	378 ^a
CK	13.7 ^a	13.9 ^b	349 ^b

^zPlanting date: 2022/07/18; investigation date: 2022/09/27.

^yMeans with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significant difference.

四、不同遮光率處理對花椰菜葉片元素含量之影響

不同遮光率處理之花椰菜‘35’在花球形成初期葉片僅氮含量有顯著性差異外，其餘元素在各處理間均無顯著性差異(表五)。花球形成初期之葉片氮含量部分，以對照處理 3.73%最低，遮光率 50%、70%及 80%分別為 4.29%、4.28%及 4.08%，皆顯著高於對照處理，但遮光處理間無差異性(表五)。葉片磷含量介於 0.40-0.53%、鉀含量介於 4.06-4.58%、鈣含量介於 2.43-2.67%、鎂含量則介於 0.49-0.62%間(表五)。花椰菜‘35’在採收期葉片元素分析亦呈現相似的結果，葉片之氮、磷、鉀、鈣及鎂元素含量，在各處理間均無顯著性差異(表六)；葉片氮含量介於 2.98-3.35%、磷含量介於 0.33-0.38%、鉀含量介於 3.62-4.22%、鈣含量介於 2.82-3.00%、鎂含量介於 0.53-0.57%間(表六)。

植物透過光合作用、蒸散作用及代謝活動，調節植物對氮、磷、鉀、鈣和鎂等營養元素的吸收，其中光線是影響植物營養吸收的重要因素之一(Caruso *et al.*, 2020；Zhou *et al.*, 2019)。Zhou 等人(2019)研究指出，蘿蔓萵苣在低日夜溫(15°C/10°C)條件下，以 350 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的光強度即能達到

光系統 II 有效量子產量(effective quantum yield of photosystem II, Φ_{PSII})、淨光合作用速率(net photosynthesis rate, Pn)、氣孔導度(stomatal conductance, gS)和蒸散速率(transpiration rate, Tr)等指數最高值，進而提升植株氮、磷、鉀的吸收量，使植株的葉片數、葉面積、乾重與鮮重的表現更佳；中日夜溫(23°C/18°C)條件下，最適光強度為 $500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，可使植株葉片數、葉面積和鮮重達最大值；在高日夜溫(30°C/25°C)條件下，則以 $600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光強度能使葉片數、葉面積、鮮重和乾重達到最大值。Caruso 等人(2020)研究則顯示，裂葉芝麻葉(*Diplotaxis tenuifolia* L.-D.C.)給予 79%遮陰處理，會顯著降低葉片磷、鉀、鈣及鎂等元素含量，分別為 14%、20.7%、12.6%及 8.5%；50%遮陰處理則對營養元素吸收無顯著影響。以上研究均顯示，在作物合適栽培溫度情形下，提高光強度可增加植株生長，並且提升營養元素之吸收，過度遮陰處理則因抑制植株光合作用，導致營養元素吸收量減少。本試驗中，遮陰處理能增加花球形成初期葉片之氮含量，顯示遮陰後能提供較合適花椰菜‘35’品種之土溫與光強度，使得植株在花球形成初期之葉片氮含量增加 9.3-15%，進而促進植株生長，並提高花球重量。綜合上述試驗結果顯示，3 種遮光處理未對花椰菜‘35’之營養吸收造成負面影響，各處理間均無顯著性差異，說明這 3 種遮陰處理確實可作為改善花椰菜克服夏季高溫逆境之有效方式之一。

表五、不同遮光率處理對花椰菜‘35’品種花球形成初期之葉片氮、磷、鉀、鈣及鎂含量的影響

Table 5. The effect of different shading rates on the nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium contents in the leaves during the initial curd formation stage of cauliflower cultivar '35' ^z

Shading	N	P	K	Ca	Mg
		------(%)-----			
50%	4.29 ^{a y}	0.47 ^a	4.42 ^a	2.59 ^a	0.50 ^a
70%	4.28 ^a	0.47 ^a	4.58 ^a	2.67 ^a	0.54 ^a
80%	4.08 ^a	0.53 ^a	4.52 ^a	2.43 ^a	0.49 ^a
CK	3.73 ^b	0.40 ^a	4.06 ^a	2.61 ^a	0.62 ^a

^zPlanting date: 2022/07/18; investigation date: 2022/09/07.

^yMeans with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significant difference.

表六、不同遮光率處理對花椰菜‘35’品種採收期之葉片氮、磷、鉀、鈣及鎂含量的影響
 Table 6. The effect of different shading rates on the nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium content in the leaves at the harvest stage of cauliflower cultivar '35'^z

Shading	N	P	K	Ca	Mg
	------(%)-----				
50%	3.35 ^{a y}	0.38 ^a	3.67 ^a	2.98 ^a	0.54 ^a
70%	3.16 ^a	0.37 ^a	4.22 ^a	3.00 ^a	0.57 ^a
80%	2.98 ^a	0.33 ^a	4.01 ^a	2.82 ^a	0.53 ^a
CK	3.07 ^a	0.34 ^a	3.62 ^a	2.87 ^a	0.57 ^a

^zPlanting date: 2022/07/18; investigation date: 2022/09/27.

^yMeans with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significant difference.

結 論

本試驗目的在於探討不同遮光率處理對夏季花椰菜生育的影響，試驗結果顯示，利用遮光處理能達到降溫的目的，且對花椰菜‘35’植株之高度、寬度、最大葉片之長度及葉寬等生育調查項目，各處理間並無顯著影響。在花球結球率部分，未遮光處理(對照處理)結球率僅 30.5%，為所有處理中顯著最低，而遮光率 50%處理之結球率 97.4%則為最高。在花球結球整齊度方面，亦以遮光率 50%處理高達 97.4%，顯著優於其他遮陰處理。花球鮮重方面亦以遮光率 50%處理 395g 顯著較對照處理為佳，而葉片元素分析結果顯示，3 種遮光處理未對花椰菜‘35’品種之營養吸收造成負面影響，不論是否有遮光或不同遮光率處理對其植株葉片氮、磷、鉀、鈣及鎂含量並無顯著性差異。綜合試驗結果顯示，花椰菜‘35’在夏季高溫栽培時給予 50%遮光率處理能促進花球形成、增加花球鮮重及品質，改善夏季高溫逆境對花椰菜花球形成之障礙，未來可推薦業界使用。

參考文獻

- 1.李香誼、羅筱鳳 2018 苗期春化處理對夏季花椰菜生長與產量之影響 臺灣園藝 64(3): 159-172。
- 2.李富恒、譚大海、于龍鳳、劉錦妍 2009 弱光處理下花椰菜幾種生理指標 東北農業大學學報 40(12): 53-57。
- 3.汪炳良、徐敏、史慶華、曹家樹 2004 高溫脅迫對早熟花椰菜葉片抗氧化系統和葉綠素及其螢光參數的影響 中國農業科學 37(8): 1245-1250。
- 4.汪炳良、徐敏、錢瓊秋、史慶華、曹家樹 2005a 遮蔭處理對早熟花椰菜花球的生長和抗氧化系統的影響。浙江大學學報 31(5): 535-540。

- 5.汪炳良、徐敏、曹家樹 2005b 播種期和品種對早熟花椰菜植株生長及異常花球的影響 中國蔬菜 5: 13-15。
- 6.徐敏 2004 光溫脅迫對花椰菜生長發育的影響 浙江大學碩士學位論文。
- 7.劉奎彬、方文惠、張寶珍、李素文、孫德嶺、趙前程 2002 不同播種期花椰菜生長發育性。華北農學報 17(1): 64-68。
- 8.蔡俊雄、郭忠吉 1981 十字花科蔬菜生長發育的生態生理 頁 194-207 十字花科蔬菜生產與害蟲防治研討會專刊，臺灣植物保護中心編印。
- 9.Caruso G., Formisano, L., Cozzolino, E., Pannico, A., El-Nakhel, C., Rouphael, Y., Tallarita, A., Cenvinzo, V., Pascale, S.D. 2020. Shading affects yield, elemental composition and antioxidants of perennial wall rocket crops grown from spring to summer in southern Italy. *Plants* 9: 933.
- 10.Kuci, H., Tafaj, I., Bici, B., Sallaku, G., Balliu, A. 2012. Effects of cold treatment on morphological characteristics and growth rate of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) seedlings. *Acta Hort.* 1: 219-223.
- 11.Liptay, A. 1981. Cauliflower curd initiation and timing of production in a high-temperature growing season. *Acta Hort.* 122: 47-52.
- 12.Nowbuth, R.D. 1998. The effect of temperature and shade on curd initiation in temperate and tropical cauliflower. *Acta Hort.* 459, 79-87.
- 13.Olesen, J.E., Grevsen, K. 1997. Effects of temperature and irradiance on vegetative growth of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L. *italica*). *J. Exp. Bot.* 48: 1591-1598.
- 14.Richard, G.A., Pat, E.J., Brian, R.J. 1996. Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) curd development: the expression of meristem identity genes. *J. Exp. Bot.* 47: 181-188.
- 15.Salter, P.J. 1969. Studies on crop maturity in cauliflower. I. Relationship between times of curd initiation and curd maturity of plants within a cauliflower crop. *J. Hort. Sci. Biotech.* 44: 129-140.
- 16.Zhou, J., Li, P.P., Wang, J.Z., Fu, W.G. 2019. Growth, Photosynthesis, and Nutrient Uptake at Different Light Intensities and Temperatures in Lettuce. *HortScience* 54: 1925-1933.

Study on Mitigating High-Temperature Stress Improving on Curd Formation in Cauliflower

Chang-Sheng Chien^{*2} and Chen-Yang Tai²

ABSTRACT

The objective of this experiment was to investigate the impact of different shading rates on the growth of cauliflower cultivar '35'. The results showed that shading during under high-temperature cultivation reduced soil temperature from an average of 29.2°C to 27.4-27.6°C, which improved the development of the cauliflower curds. Shading increased curd uniformity and fresh weight by 50% shading rate which were the best results. The curd formation rate for the 50% shading treatment was 97.4%, and the uniformity was 63.4%, both significantly higher than the control. The yield and quality were also superior with the 50% shading treatment, which resulted in an average curd fresh weight of 395 g. Leaf nutrient element analyses showed no significant differences in leaf element contents among treatments. In conclusion 50% shading effectively mitigates high-temperature stress in summer cauliflower cultivation, improves curd formation, and is recommended for industry use.

Key words: cauliflower, high temperature stress, curd, shading

¹ Contribution No.1086 from Taichung DARES, MOA.

² Associate Researcher, Former Associate Research of Taichung DARES, MOA.

* Corresponding author: chiencs@tcdares.gov.tw

