

氮肥與遮陰對番杏夏季生長之影響

薛銘童¹ 吳婉貞² 楊瑞玉³

摘 要

番杏可供作蔬菜食用，營養價值高，食味與菠菜相似。番杏在臺東地區於秋冬季節生長茂盛，但翌年5月過後，植株生長勢明顯衰退並迅速死亡。本研究探討不同氮肥施用量(50 kg ha⁻¹、150 kg ha⁻¹、250 kg ha⁻¹及不施用)及遮陰處理(50%、70%及不遮陰)對番杏夏季生長之影響。試驗結果顯示，不同氮肥處理間之差異不顯著；而不同遮陰處理則顯著影響葉片葉綠素相對含量(SPAD)、總鮮重、可食鮮重、食重比及比葉面積等項目。其中除了比葉面積隨遮陰程度提高而增加外，其餘各調查項目均明顯下降。而由草酸分析結果得知，番杏可食部位不同處理之草酸含量介於366-874 mg 100g⁻¹間，隨提高遮陰程度而下降，顯示遮陰處理相對於氮肥施用量更能有效降低夏季番杏葉片之草酸含量。綜之，番杏夏季之生育主要受到遮陰程度影響，總產量、可食部位產量及葉片草酸含量皆隨著遮陰程度提高而顯著下降，但食重比及作為食用口感之客觀指標-比葉面積則顯著上升。

關鍵詞：番杏、氮肥、遮陰

¹ 行政院農業委員會臺東區農業改良場 助理研究員

² 世界蔬菜中心營養系 首席助理研究員

³ 世界蔬菜中心營養系 研究員

前 言

番杏(*Tetragonia tetragonioides* (Pallos) Kuntze)為番杏科(Aizoaceae)番杏屬一年生草本植物，原產於澳洲及紐西蘭等地^(11, 24)。葉三角狀卵形(deltoid-ovate)或菱狀卵形(rhomboid-ovate)，互生，莖葉肉質⁽²¹⁾；其果實為堅果狀核果，果實下方具空腔，可浮於水面，藉水力傳播。因此，許多太平洋沿海地區如日本、韓國、大陸東南沿海、臺灣及鄰近島嶼之海岸均可見其自然分布^(16, 19, 23)。番杏於18世紀中後期，由知名探險家-庫克船長的船隊自澳洲帶回英國後，因食味與菠菜相似，迅速為民眾接受，並被稱為紐西蘭菠菜(New Zealand spinach)，主要食用部位為葉片及嫩梢⁽²⁴⁾。惟其葉片草酸含量與菠菜相當，同屬高草酸含量作物，一般建議烹調前應先汆燙再料理⁽⁹⁾。此外，此作物與數年前臺灣一度風行的冰花(*Mesembryanthemum crystallinum* L.)同為番杏科可食葉菜類作物，亦同為功能性景天酸代謝植物(facultative crassulacean acid metabolism plants)^(12, 15)，耐旱耐鹽，可忍受澆灌液電導度達17.4 dS m⁻¹(灌溉水容許標準為0.75 dS m⁻¹)⁽²⁷⁾，是少數具耐鹽潛力的蔬菜作物⁽¹⁷⁾。除了葉菜用途之外，在韓國為傳統治療胃疾的植物⁽¹³⁾，植體富含酚類等具抗氧化活性的成分，乙醇及水萃物具有降低試驗鼠血清甘油三酸脂(serum triglyceride)、低密度脂蛋白膽固醇(low-density lipoprotein cholesterol)及游離脂肪酸(free fatty acid)含量的效果，且無肝腎毒性⁽²⁰⁾，亦含有美白抗皺成分⁽¹⁸⁾。

番杏為紐西蘭毛利人(Māori)的傳統食用蔬菜，當地稱之為kōkihi。早期毛利人以採集野生植株食用為主，近代為供應市場，開始栽培生產。栽培時間為春天回暖後至秋天播種育苗，行距80 cm -100 cm，株距50 cm -75 cm，定植後50-55天一次收穫⁽²⁴⁾。在美國亦有推廣栽種，定植時間與育苗方式同前所述，不同之處在於採取密植(行距90 cm、株距30 cm)，連續收穫，每次割取至10 cm高，採收嫩葉及嫩梢⁽²⁵⁾。花蓮區農業改良場於數年前開始於原民部落推廣此作物進行栽培生產，栽培方式採播種育苗，春季或夏季種植均可，俟植株成長後，採連續收穫，每1-2週收穫一次，摘取上部5 cm -10 cm嫩莖葉^(1, 2)。

臺東沿海地區亦有番杏自然分布，據本場試驗觀察，臺東適合種植時間為秋冬冷涼季節，夏季因高溫、日照強烈，野生或露天栽培之番杏於5月過後即陸續死亡；適合生產之季節與國外^(24, 25, 26, 27)或花蓮場報告^(1, 2)相異。為了解番杏於臺東地區夏季之生產潛力，本研究透過遮陰與肥培管理，探討輔助栽培相關技術對番杏夏季生長及抗營養因子-草酸含量之影響，以建立合宜之栽培技術。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

試驗用材料為市售日本進口番杏果實(豐田種子行, 新貴香甜菠菜)。購入後, 分裝於鋁箔袋, 密封後冷藏保存備用。

二、試驗方法

於2017年2月10日將果實直播於知本精緻農業館溫室植槽中, 植槽長600 cm、寬20 cm; 每植槽施用有機肥1 kg (N-P-K-有機質: 5.5-2-2-85%)作為基肥, 單行植, 株距20 cm, 每穴播種3-4粒, 俟發芽後, 間拔至1株。採連續收穫, 於4月19日第1次收穫, 之後時序入夏, 開始遮陰及氮肥處理, 並分別於5月19日及6月16日進行第2及第3次收穫。每次收穫均採至10 cm高, 俟再次生長至30 cm高時, 始進行下一次收穫。因4月中旬以前, 臺東地區氣溫尚屬涼爽, 為了解番杏夏季期間之生育情形, 本研究僅探討第2次及第3次高溫期間番杏各項生育表現。

三、試驗處理

氮肥處理包括每次收穫後施用硫酸銨 50 kg ha^{-1} 、 150 kg ha^{-1} 及 250 kg ha^{-1} 做為追肥, 以不施用為對照組; 遮陰處理包括覆蓋50%及70%遮陰網, 以不覆蓋為對照組。其中50%及70%遮陰網於溫室內實際測試照度結果顯示, 全日之遮陰效果分別為55%及73%, 與其宣稱之遮陰效果相近。

試驗處理共計12種組合, 採裂區設計, 氮肥處理為主區因子, 遮陰處理為副區因子, 每處理組合3重複, 每重複10株。每一遮陰處理之前後2株為緩衝行, 避免相鄰之遮陰處理干擾, 試驗調查時, 僅調查各重複中間6植株。

四、調查項目

(一) 環境監測

溫室內外溫度以溫濕度計(Vaisala HMP60)、各處理之照度及溫室外照度以照度計(HOBO UA-002-64)、溫室內光量子通量以光量子計(LI-190S, LI-COR, Inc.)進行連續監測。

(二) 葉綠素相對含量(SPAD)

於第2及第3次收穫前1日量測各植株第5片完全展開葉之葉綠素相對含量(SPAD-502 Chlorophyll Meter, Minolta CO., LTD.)。每株量測1葉片, 每重複調查

中間6植株。

(三) 總鮮重、可食部位鮮重及食重比

收穫當日割取各重複中間6植株至10 cm高，秤量總鮮重後，立即摘除頂梢及葉片並秤重量，此為可食部位鮮重。食重比為可食部位鮮重除以總鮮重之商值。

(四) 比葉面積

由秤取可食部位鮮重之樣本中挑取30片葉，秤鮮重並攜回實驗室測定其面積(LI-3100C Area Meter, LI-COR, Inc.)後，於70°C烘乾再秤重，計算含水率及比葉面積(Specific Leaf Area, SLA)。

五、草酸分析

上述供測定葉面積之樣本經烘乾(70°C)後磨粉，並經60號標準篩(網目孔徑250 μm)篩過，混合各處理組合3重複之植體樣本，供測定草酸含量。測定時，秤取100 mg烘乾後之植體粉末，置於1.5 ml離心管後加入正己烷(n-Hexane)，以迴轉式震盪器震盪1小時後，以13,000 r.p.m.離心3分鐘，棄卻上清液，重複進行4次，以去除樣本脂質。殘留物靜置風乾過夜。翌日以刮刀挖鬆風乾之植體粉末，以5 ml二次蒸餾水小心洗出至7 ml之玻璃樣本瓶，以迴轉式震盪器震盪2小時後，於室溫下靜置，使殘留物沉澱至瓶底。隨後將上清液倒入1.5 ml離心管，以13,000 r.p.m.離心3分鐘。離心後之上清液以玻璃針筒過濾(孔徑0.2 μm)至1.5 ml玻璃樣瓶後，取10 μl 過濾液以高效液相層析儀(High Performance Liquid Chromatography, HPLC, Waters)分析，管柱為ICSep ICE-ORH-801 (6.5 mm \times 300 mm, Concise Separations)，以折射率(Refractive Index)偵測器檢測，流動相為0.01N硫酸水溶液，流速設定0.8 ml min^{-1} ，在35°C下分析，並配製草酸標準品(Chem Service)建立其檢量線，據以計算樣品中草酸之含量。

六、統計分析

試驗數據以SAS統計軟體(SAS Enterprise Guide 7.1, SAS institute Inc.)分析。試驗處理如有顯著性差異者，則採用最小差異顯著測驗(Least Significant Difference Test)，比較處理平均值間的差異。

結果與討論

一、環境因子

試驗處理期間(4月至6月)，溫室環境感測器資料顯示，因有水牆及風扇調節，溫室內外溫度與相對濕度之日夜週期變化趨勢相近，無明顯差異。溫室內，日間正午氣溫平均為29°C-30°C，夜間則為25°C；日間相對濕度約85%，夜間為90% (圖1)，顯示試驗處理開始後，溫室內未因溫室效應關係導致氣溫或濕度變化過大而影響試驗。

在照度部分，試驗期間溫室內正午未遮陰之對照組平均照度為50 kLux，50%遮陰網處理為20 kLux，70%遮陰網處理則為15 kLux，均遠低於溫室戶外的180 kLux (圖2)。這主要是因為溫室內部光照受強化玻璃及結構阻隔所致。但因溫室內日間多數時間之光合作用光量子通量均達200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (圖3a)，已可滿足多數作物光合作用所需。

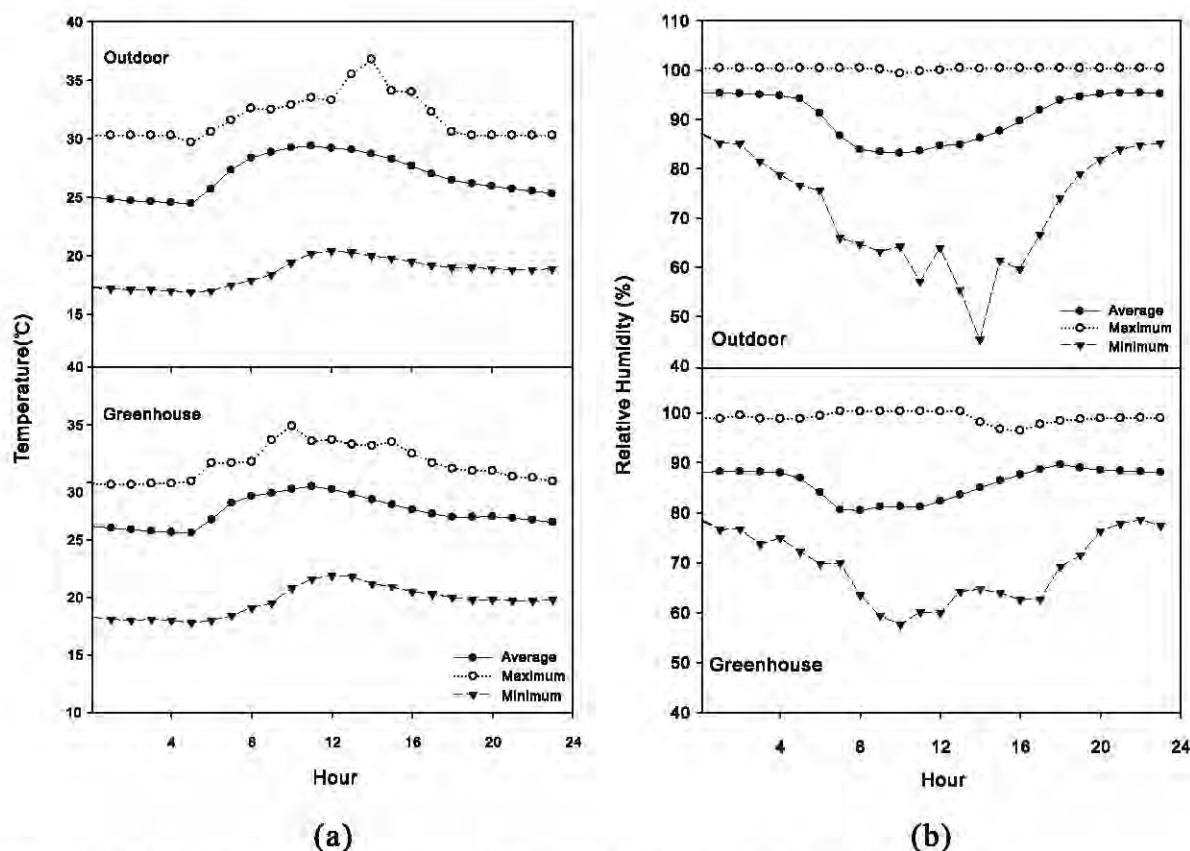


圖1. 試驗期間(4-6月)溫室內外之日夜(a)溫度及(b)相對濕度變化。

Fig. 1. Diurnal (a) temperature and (b) relative humidity of outdoor and greenhouse during experimental period (April – June, 2017).

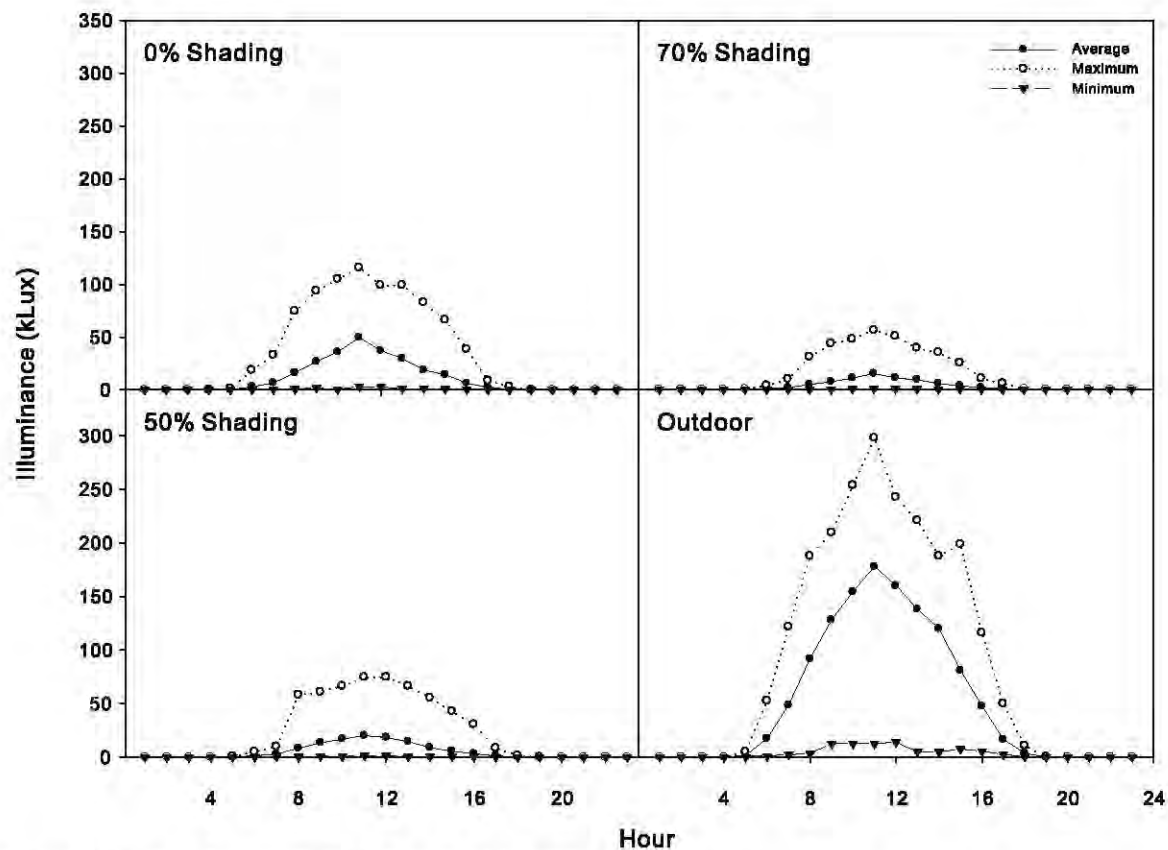


圖2. 試驗期間(4-6月)各遮陰處理之日夜照度變化。

Fig. 2. Diurnal illuminance of different shading treatments during experimental period (April – June, 2017).

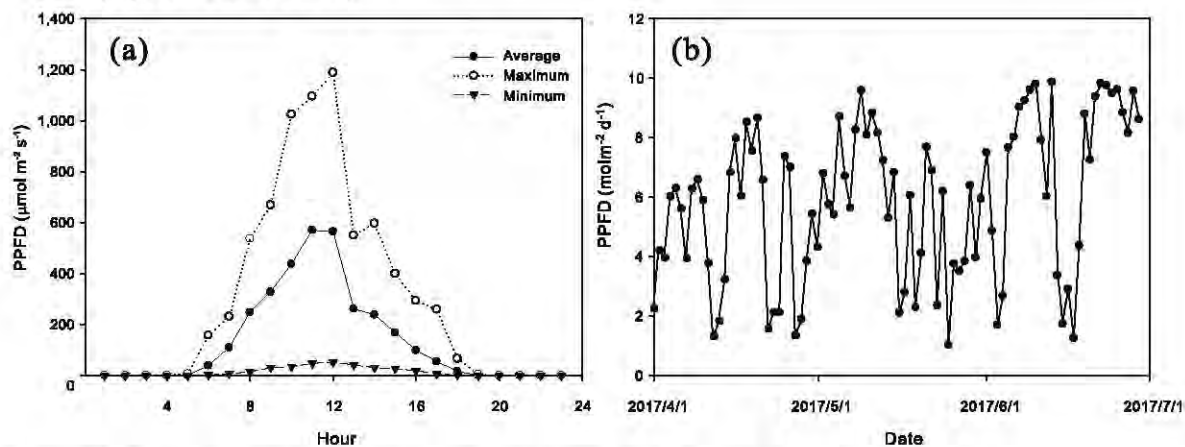


圖3. 試驗期間(4-6月)溫室內(a) 日夜光量子通量及(b)光量子日通量變化。

Fig. 3. (a) Diurnal photosynthetic photon flux density (PPFD) and (b) daily photosynthetic photon flux density in greenhouse during experimental period (April – June, 2017).

二、生育情形

番杏果實於2017年2月10日直播於臺東區農業改良場精緻農業館植槽中，3月28日生長至10 cm高。苗期約45天，與國外研究報告的8週⁽²⁶⁾及40天-45天⁽²³⁾相近。至4月19日第1次收穫(苗高約30 cm)，尚未開始遮陰與氮肥處理前，植株生育狀況良好。本試驗由播種至第1次收穫天數為67天，與Samuelson and Drost (2010)報告之播種後50天-70天相近⁽²⁵⁾。第1次收穫後，時序逐漸入夏，開始遮陰及氮肥處理。

試驗處理期間，未遮陰之對照組葉片明顯出現革質化、沿長軸捲曲、反光的葉毛、蠟質表面及頂燒等現象，表現出強光照誘發之逆境反應。在50%遮陰處理組，同樣出現上位葉片沿長軸捲曲及頂燒等逆境反應，惟程度不若對照組嚴重。70%遮陰處理組之葉片明顯柔嫩、僅少許葉片沿長軸捲曲或發生頂燒現象(圖4)。Collier and Tibbitts (1982)指出，夏季之高溫、強日照及低濕度易導致萵苣等不耐熱植物發生水分逆境，誘發葉片氣孔關閉，造成頂芽或新梢發生鈣缺症，進一步產生畸形捲曲、腐爛甚至壞死等現象⁽¹⁴⁾。本試驗遮陰處理可有效降低番杏夏季因日照強烈而引發之頂燒問題，顯示溫室內光照強度雖因結構而大幅降低，栽培區氣溫亦受風扇水牆調節而降低，但在夏季仍達到對對照組植株生育造成傷害的強度。而在氮肥處理方面，各氮肥處理均有明顯可見之頂燒症狀，顯示本試驗之氮肥處理在改善頂燒問題並無明顯效果。除此之外，50%及70%遮陰處理組於生育後期出現葉脈明顯黃化等缺鎂現象，推測應是由於本試驗採槽植，試驗時間長達4個月，且試驗期間除施用硫酸銨之外，未有額外補充鎂肥所致。

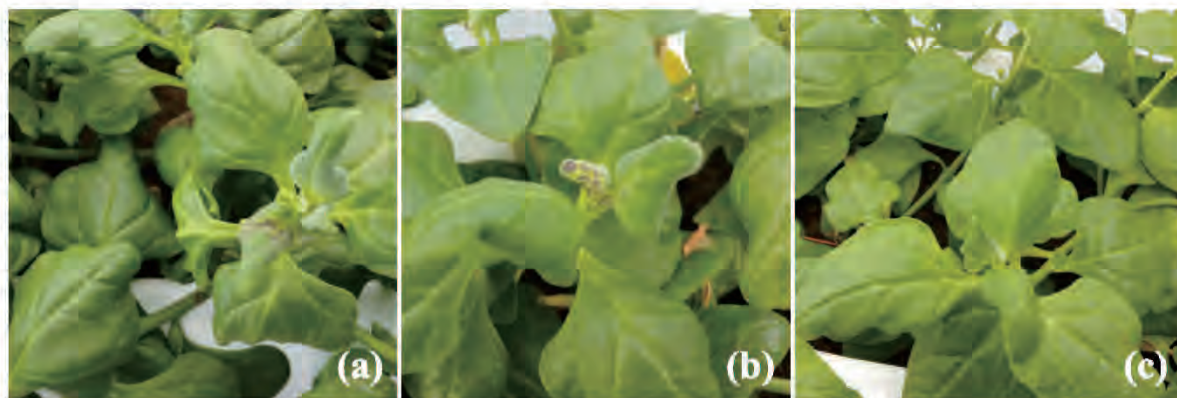


圖4. 番杏 (a)對照組、(b)50%遮陰處理及(c)70%遮陰處理之植株外觀。

Fig. 4. Plant appearance of (a) control, (b) 50% shading and (c) 70% shading of *Tetragonia tetragonioides* (Pallos) Kuntze during experimental period (April – June, 2017).

三、葉綠素相對含量

氮肥與遮陰處理開始後，於兩次收穫前調查植株葉片SPAD，結果顯示，不同氮肥處理間無明顯差異；不同遮陰處理間則呈顯著差異，以0%處理之SPAD最高達54.6，其次為50%及70%，分別為41.0及34.3（圖5）。許多文獻指出，SPAD值與葉片氮濃度或氮肥施用量呈正相關^(3, 5, 6, 10, 28)；同時亦隨著遮陰程度增加而上升^(22, 28)，均與本試驗結果相異。就遮陰處理而言，Mielke (2010)等學者以*Eugenia uniflora* L.為材料，其遮陰處理期間之光量子日通量平均為 $6.9 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ⁽²²⁾，略高於本試驗對照組之 $5.9 \text{ mol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ （圖3b）。本試驗遮陰處理之SPAD隨光量下降而遞減，是否與光量子日通量更低、以及氮肥施用量對SPAD影響是否受遮陰抑制有關，未來需進一步驗證。

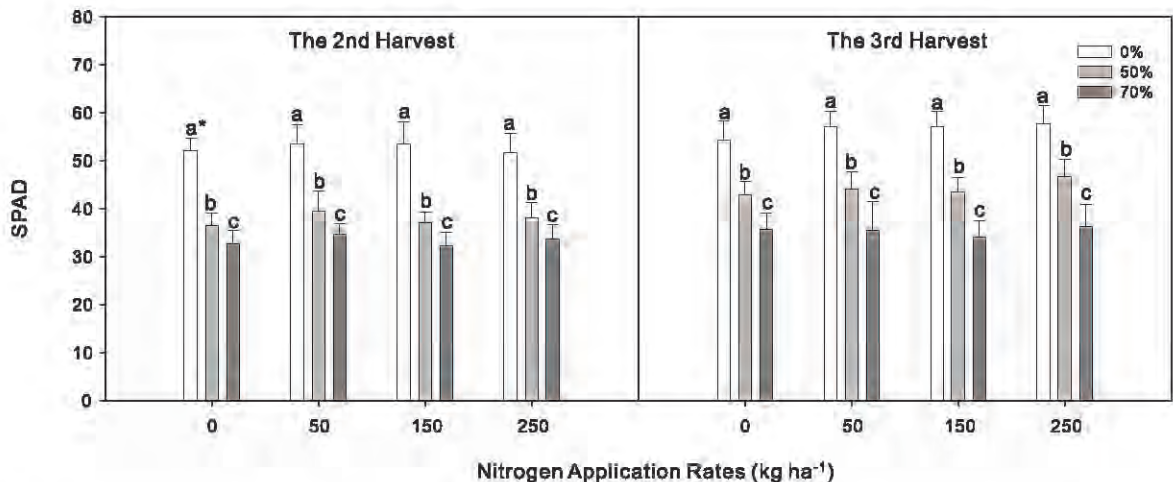


圖5. 番杏於不同氮肥施用量下進行遮陰處理於兩次收穫之葉綠素相對含量。

Fig. 5. SPAD among shading treatments under different nitrogen application rates in two harvests of *Tetragonia tetragonioides*.

*Error bar is the standard error of mean (n=36). Means within nitrogen application rates with the same letter are not significantly different at 5% level by least significant difference test.

四、總鮮重、可食部位鮮重及食重比

兩次收穫之調查結果顯示，總鮮重與可食部位鮮重均有隨遮陰程度增加而遞減的趨勢，且此趨勢於第3次收穫較第2次收穫明顯；而氮肥施用量在兩次收穫間則無明顯影響（圖6及圖7）。比較兩次收穫總鮮重發現，遮陰對照組、50%及70%遮陰處理，在第3次收穫較第2次分別增加34.18%、37.80%及23.45%；相同的增產現象亦發生在可食部位鮮重，其產量分別增加29.90%、37.80%及

32.98%。顯示番杏以連續收穫模式進行生產，其產量應無隨收穫次數增加而下降的疑慮。

食重比部分，於第2次收穫調查結果，可食部位鮮重佔整體總鮮重之比例不受遮陰及氮肥影響，平均為0.75；但至第3次收穫時，食重比隨遮陰程度增加而有顯著提升現象，於70%遮陰時可達0.83，其差異並隨氮肥施用量增加而益加顯著，顯示可食部位的比例隨著收穫次數增加而逐漸提高，同時受到遮陰及氮肥施用量之影響。

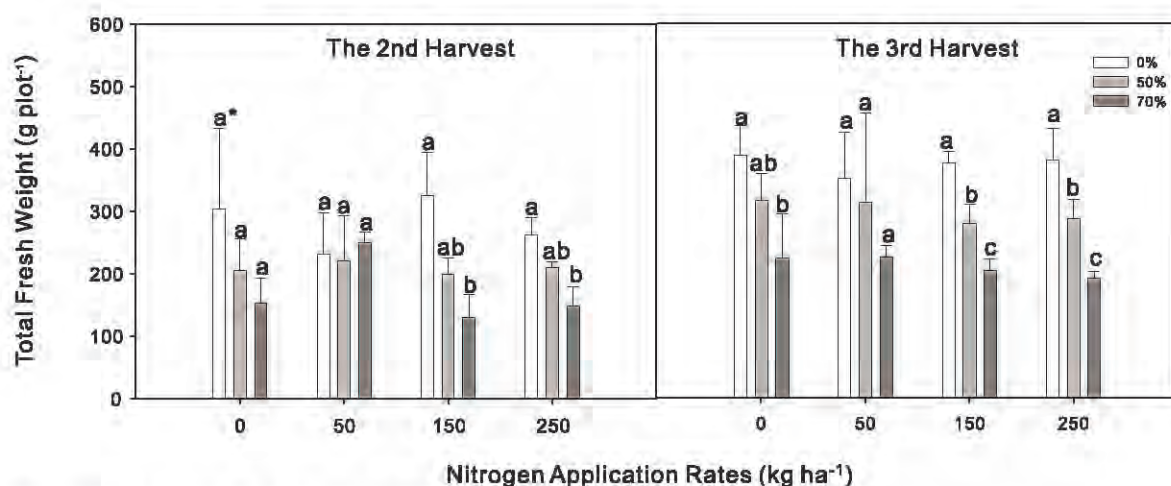


圖6. 不同氮肥施用量及遮陰處理於番杏兩次收穫之總鮮重。

Fig. 6. Total fresh weight among shading treatments under different nitrogen application rates in two harvests of *Tetragonia tetragonioides*.

* Error bar is the standard error of mean (n=36). Means within nitrogen application rates with the same letter are not significantly different at 5% level by least significant difference test.

五、葉面積及比葉面積

比葉面積增加代表植株單位葉片乾重之葉面積提高，亦即植株葉面積變大或厚度下降，其可作為葉片食用口感之客觀指標之一，比葉面積數值增加，可客觀反映葉片柔嫩程度的提升。比較兩次收穫各處理之葉面積可知，第3次收穫各處理之葉面積相較於第2次收穫，整體平均增加了35%，遮陰或氮肥施用量等處理間並無一定之增加趨勢(圖9)。然而，在比葉面積部分，兩次收穫結果均顯示比葉面積顯著隨遮陰程度增加而增加(圖10)，由不遮陰之對照組的 $230 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ - $270 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ 顯著提高到70%遮陰的 $436 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ - $532 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ 。由本研究葉面積調查結果可知，處理間並無明顯差異存在，因此比葉面積之增加原因主要來自遮陰降低可食之葉片部位鮮重所致(圖7)。在操作上，園藝栽培生產多透過遮陰處理來提高比葉面積，此在部分原生蔬菜如角菜或假人參的夏季栽培亦有同樣效果⁽⁶⁾。

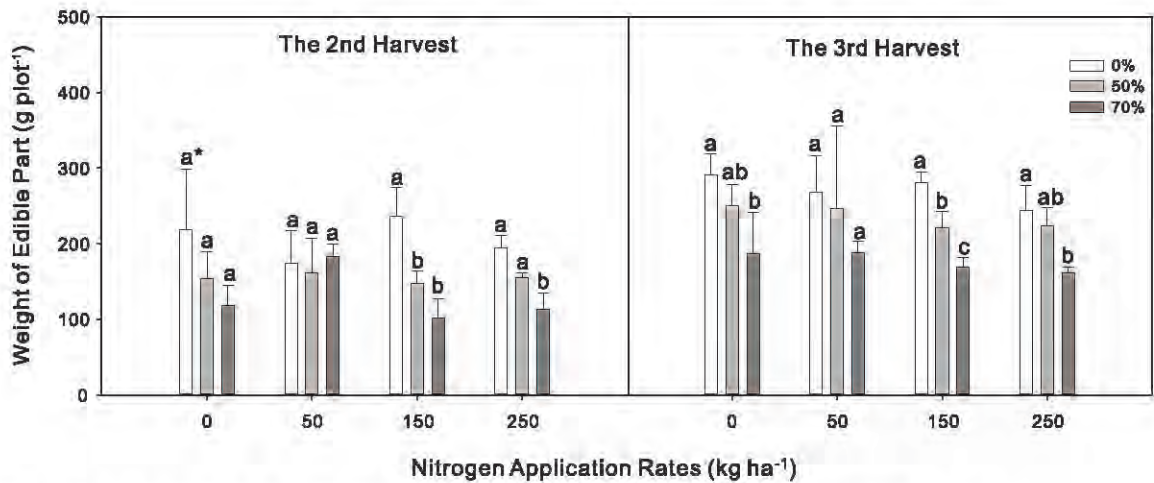


圖7. 番杏於不同氮肥施用量下進行遮陰處理於兩次收穫之可食部位鮮重。

Fig. 7. Fresh weight of edible part among shading treatments under different nitrogen application rates in two harvests of *Tetragonia tetragonioides*.

* Error bar is the standard error of mean (n=36). Means within nitrogen application rates with the same letter are not significantly different at 5% level by least significant difference test.

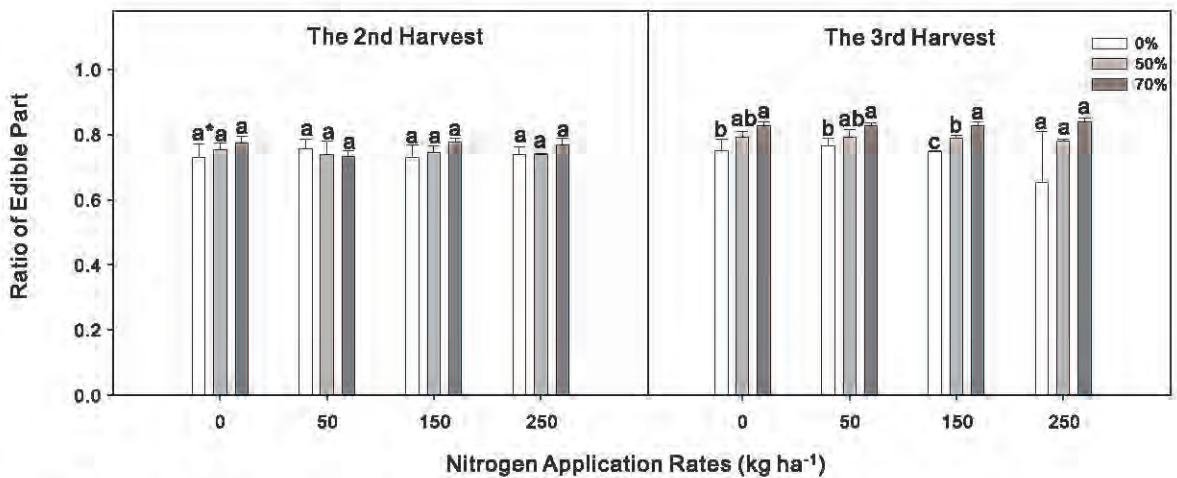


圖8. 番杏於不同氮肥施用量下進行遮陰處理於兩次收穫之食重比。

Fig. 8. Ratio of edible part among shading treatments under different nitrogen application rates in two harvests of *Tetragonia tetragonioides*.

* Error bar is the standard error of mean (n=36). Means within nitrogen application rates with the same letter are not significantly different at 5% level by least significant difference test.

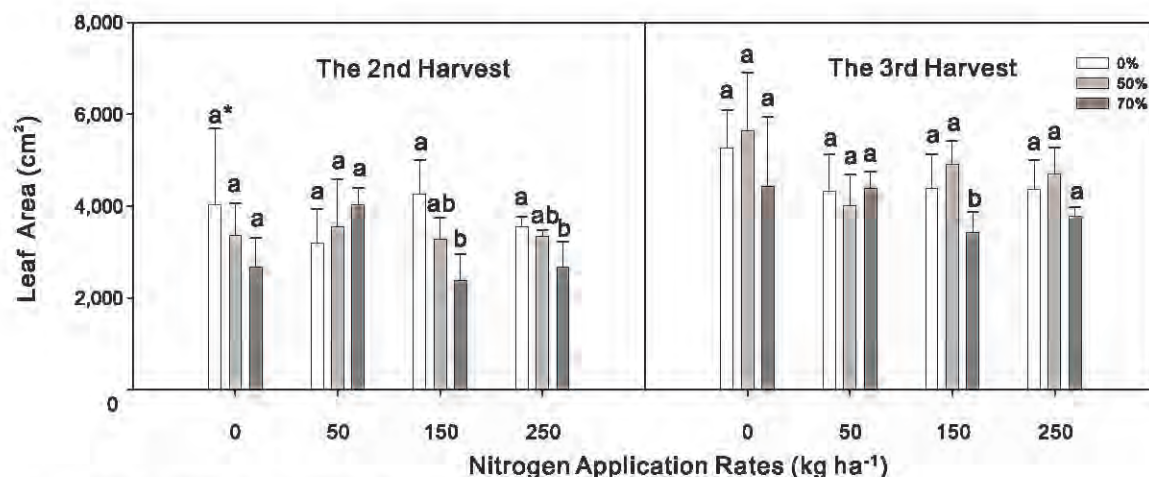


圖9. 番杏於不同氮肥施用量下進行遮陰處理兩次收穫之葉面積。

Fig. 9. Leaf area among shading treatments under different nitrogen application rates in two harvests of *Tetragonia tetragonioides*.

* Error bar is the standard error of mean (n=36). Means within nitrogen application rates with the same letter are not significantly different at 5% level by least significant difference test.

六、草酸含量

由可食部位草酸分析結果得知，第2次收穫葉片之草酸含量普遍高於第3次，不同氮肥施用量對草酸含量影響並無一定趨勢，但有明顯隨遮陰程度增加而下降的現象。例如第3次收穫葉片之草酸含量由對照組之622 mg 100g⁻¹-800 mg 100g⁻¹下降至遮陰70%之366 mg 100g⁻¹-424 mg 100g⁻¹ (表1)。此結果顯示遮陰處理相對於氮肥施用量較有助於降低夏季番杏葉片草酸含量。

草酸雖然普遍存在於綠色葉菜作物中，但食用高草酸含量的食物如牧草粉、菠菜或莧菜等被認為會提高罹患草酸鈣尿路結石的風險⁽⁷⁾。本研究番杏可食部位草酸分析結果顯示，不同處理間草酸含量介於366 mg 100g⁻¹-874 mg 100g⁻¹之間，除了明顯高於其他原生蔬菜如紫背草33 mg 100g⁻¹、蘭嶼木耳菜50 mg 100g⁻¹及糯米糰25 mg 100g⁻¹ (4)之外，亦高於莧菜281 mg 100g⁻¹與菠菜412 mg 100g⁻¹ (7)。因此未來可針對如何透過栽培管理降低番杏可食部位草酸含量進行研究，以提升這類原生蔬菜之食用價值。

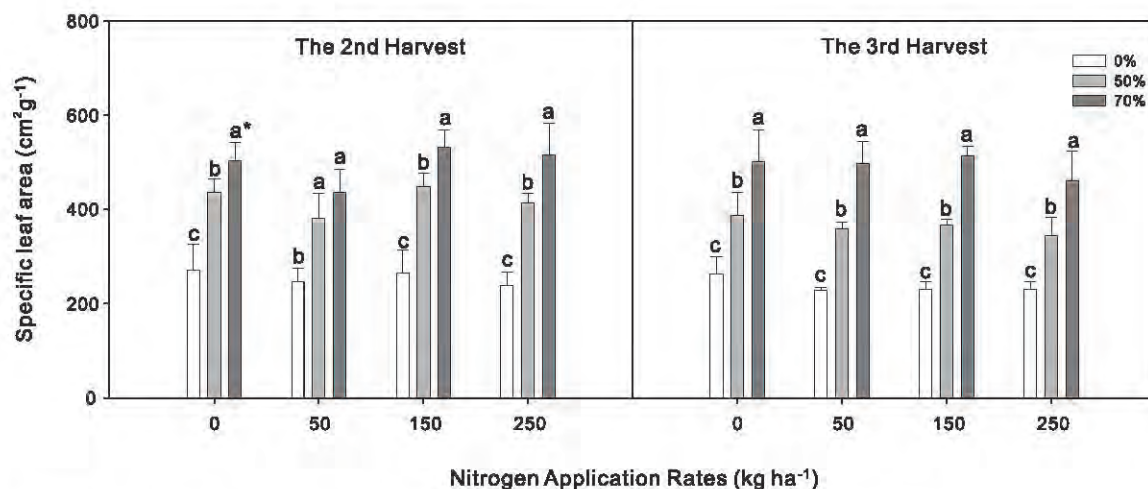


圖10. 番杏於不同氮肥施用量下進行遮陰處理於兩次收穫之比葉面積。

Fig. 10. Specific leaf area among shading treatments under different nitrogen application rates in two harvests of *Tetragonia tetragonioides*.

* Error bar is the standard error of mean (n=36). Means within nitrogen application rates with the same letter are not significantly different at 5% level by least significant difference test.

表1. 遮陰與不同氮肥施用量對番杏葉片草酸含量之影響。

Table 1. Effect of shading and nitrogen application rates on oxalate content in leaves of *Tetragonia tetragonioides* (Pallos) Kuntze.

Shading treatment (%)	Nitrogen Application Rate (kg ha ⁻¹)	Oxalate Content (mg 100g ⁻¹ , FW)	
		The 2nd Harvest	The 3rd Harvest
0	0	796	681
	50	874	622
	150	727	698
	250	844	800
50	0	544	567
	50	587	560
	150	496	567
	250	559	647
70	0	455	394
	50	524	366
	150	397	367
	250	414	424

結 論

本研究探討遮陰及氮肥施用量對番杏夏季生長之影響，結果顯示，遮陰對各調查項目SPAD、總鮮重、可食部位鮮重及比葉面積均有顯著影響；而不同氮肥施用量則多無明顯影響。綜合比較葉片鮮重及比葉面積，影響番杏夏季溫室生產的產量或葉片品質之主要因子為遮陰處理，隨遮陰程度提高，番杏總產量或可食部位產量均顯著下降，但食重比及作為食用口感之客觀指標-比葉面積則顯著上升，而抗營養因子-草酸含量則隨之下降。因此，雖然夏季栽培進行遮陰會導致番杏產量下降，但透過遮陰改善口感並降低草酸含量，可使夏季生產之番杏更具經濟價值。未來亦可藉由本試驗結果，進一步應用於露天栽培生產，以建立高食用品質、低草酸含量且投入成本更低之栽培模式供量產栽培使用。

參 考 文 獻

1. 全中和。2012。海灘野菜-番杏。花蓮區農業專訊80：18-19。
2. 全中和。2013。耐逆境野菜番杏及糯米團種原蒐集、種苗繁殖與評估。出自"102年度試驗研究成果發表研討會"，19-20。花蓮：行政院農業委員會花蓮區農業改良場。
3. 周世瑤。2008。氮素濃度及型態對三種香蜂草 *Melissa officinalis*, *M. officinalis* 'Quedlingburger'與 *M. officinalis* 'Citronella'香氣成分與生長的影響。碩士論文。臺北：臺灣大學園藝學研究所。
4. 林家玉。2012。臺東地區特色蔬菜營養成分，草酸含量及抗氧化能力之研究。臺東區農業改良場研究彙報22：1-10。
5. 黃校翊。2007。聖誕紅氮素營養與氮肥診斷之研究。碩士論文。臺北：臺灣大學園藝學研究所。
6. 楊純明。2003。由葉綠素測計估測和追蹤稻株之葉綠素及氮素狀態。出自"水稻精準農業體系"(農業試驗所特刊第105號)，89-96。臺中：行政院農業委員會農業試驗所。
7. 蔡政諭、黃榮慶、吳東霖、李瀛輝。2005。比較台灣地區食品及飲料草酸的含量。台灣泌尿醫誌16：93-99。
8. 薛銘童。2013。角菜與假人參夏季栽培試驗研究。出自"102年試驗研究推廣成果研討會專刊"，89-99。臺東：行政院農業委員會臺東區農業改良場。
9. 薛銘童。2017。好吃又營養的番杏。臺東區農業專訊102：22-25。
10. 羅正宗、陳一心、陳宗體。2004。葉綠素計應用於水稻植體氮營養狀況之測定。中華農業研究53(3)：179-192。
11. Ahmed, A. K. and A. K. Johnson. 2000. The effect of the ammonium : nitrate nitrogen ratio, total nitrogen, salinity (NaCl) and calcium on the oxalate levels of *Tetragonia tetragonioides* Pallas. *Kunz. J. Hort. Sci. Biotech.* 75(5) : 533-538.
12. Barkla, B. J. and T. Rhodes. 2017. Use of infrared thermography for monitoring crassulacean acid metabolism. *Funct. Plant Biol.* 44(1) : 46-51.
13. Choi, H. S., J.Y. Cho, M. R. Jin, Y. G. Lee, S. J. Kim, K. S. Ham, and J.H. Moon. 2016. Phenolics, acyl galactopyranosyl glycerol, and lignan amides from *Tetragonia tetragonioides* (Pall.) Kuntze. *Food Sci. Biotechnol.* 25(5) : 1275-1281.
14. Collier, G. F. and T. W. Tibbitts. 1982. Tipburn of lettuce. *Hort. Rev.* 4 : 49-65.
15. Cosentino, C., E. Fischer-Schliebs, A. Bertl, G. Thiel, and U. Homann. 2010. Na⁺/H⁺ antiporters are differentially regulated in response to NaCl stress in leaves and roots of *Mesembryanthemum crystallinum*. *New Phytol.* 186(3) : 669-680.
16. Gray, M. 1997. A new species of *Tetragonia* (Aizoaceae) from arid Australia. *Telopea*

- 7(2) : 119-127.
17. Hasanuzzaman, M., K. Nahar, M. M. Alam, P. C. Bhowmik, M. A. Hossain, M. M. Rahman, M. N. V. Prasad, M. Ozturk, and M. Fujita. 2014. Potential use of halophytes to remediate saline soils. *BioMed Res. Int.* 2014 : 1-12.
 18. Jo, J. B., E. H. Lee, and Y. J. Cho. 2016. Beauty Food Activities of Isolated Phenolic Compounds from *Tetragonia tetragonioides*. *J. Korean Soc. of Food Sci. Nutr.* 45(3) : 333-341.
 19. Kang, J. S., E. J. Park, S. H. Kim, Y. Heo, Y. H. Park, Y. W. Choi, B. G. Son, W. T. Lim, and J. M. Suh. 2014. Effect of Seeds Treatment on Germinability of *Tetragonia Tetragonioides* Seeds. *J. Environ. Sci. Int.* 23(5) : 771-780.
 20. Lee, G., S. Kim, and D. Kim. 2016. Extracts from New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) conferring anti-obesity effects. *Planta Med.* 81(S01) : 988.
 21. Liu, H. Y. 1998. Aizoaceae. In "Flora of Taiwan Vol. 4.", eds. T. C. Huang and Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd, pp. 329-334. Department of Botany, National Taiwan university, Taipei, Taiwan.
 22. Mielke, M. S., B. Schaffer, and C. Li. 2010. Use of a SPAD meter to estimate chlorophyll content in *Eugenia uniflora* L. leaves as affected by contrasting light environments and soil flooding. *Photosynthetica* 48(3) : 332-338.
 23. Prakash, N. 1967. Life history of *Tetragonia tetragonioides* (Pall.) O. Kuntze. *Aust. J. Bot.* 15(3) : 413-424.
 24. Roskrige, N. 2011. The commercialisation of kōkihi or New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides*) in New Zealand. *Ag. NZ* 41, 149-156.
 25. Samuelson, J. and D. Drost. 2010. New Zealand Spinach in the Garden. Utah State University. Available at : http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1265&context=extension_curall. Accessed : 7 November 2017.
 26. Stephens, J. M. 1994. Spinach, New Zealand—*Tetragonia Tetragonioides* (Pallas) O. Ktze. Available at : http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture-plantes-alimentaires/FICHES_PLANTES/tetragone-cornue/Tetragonia%20tetragonioides_EDIS.pdf. Accessed : 7 November 2017.
 27. Wilson, C., S. M. Lesch, and C. M. Grieve. 2000. Growth stage modulates salinity tolerance of New Zealand spinach (*Tetragonia tetragonioides* Pall.) and red orach (*Atriplex hortensis* L.). *Ann. Bot.* 85(4) : 501-509.
 28. Xiong, D., J. Chen, T. Yu, W. Gao, X. Ling, Y. Li, S. Peng, and J. Huang. 2015. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Sci. Rep.* 5 : 13389.

Effect of Nitrogen Fertilizer and Shading on the Growth of *Tetragonia tetragonioides* (Pallos) Kuntze in Summer

Ming-Tung Hsueh¹, Wan-jen Wu², and Ray-Yu Yang³

Abstract

Tetragonia tetragonioides (Pallos) Kuntze, a member of Tetragoniaceae, is an annual edible herb with taste similar to common spinach. In Taitung area, *T. tetragonioides* grows well during cool season but decays quickly when summer season begins. This phenomenon is different from that reported in other countries. *T. tetragonioides* may be sensitive to stronger radiation and higher temperature of tropical summer in Taitung area located in low latitude. To evaluate the growing performance and oxalate content of *T. tetragonioides* during summer season in Taitung, the experiment was conducted in the summer of 2017 in a greenhouse of Taitung DARES applied with different nitrogen application rates and shading. The result showed no significance of all characteristics among different nitrogen application rates. However, SPAD of leaves, total fresh weight, weight of edible part, ratio of edible part and specific leaf area (SLA) had significant difference among shading treatments. All characteristics besides ratio of edible part and SLA, declined significantly with increased shading. Oxalate content of edible part from different treatments ranges between 366 and 874 mg 100 g⁻¹, and the trend of declined oxalate content with increased shading was observed. In conclusion, shading impacted significantly on the growing performance of *T. tetragonioides* during summer in Taitung. Increased shading reduced total biomass and edible portions, but enhanced vegetable quality according to higher ratio of edible part and SLA and lower oxalate content.

Keywords: *Tetragonia tetragonioides* (Pallos) Kuntze, Nitrogen Fertilizer, Shading

¹Assistant Researcher of Taitung DARES, COA.

²Principal Research Assistant of World Vegetable Center

³Nutritionist of World Vegetable Center