

鳳梨釋迦葉片破損對果實品質之影響

陳柏源¹、李子易¹、顏嘉慧²、江淑雯³

¹農業部臺東區農業改良場班鳩分場 助理研究員

²農業部臺東區農業改良場班鳩分場 研究助理

³農業部臺東區農業改良場班鳩分場 副研究員兼分場長

摘要

為探討颱風侵襲對鳳梨釋迦果實品質之影響及災後復育技術，本研究調查海葵颱風侵襲後，三種葉片破損程度： $<30\%$ 、 $30\%-50\%$ 及 $>50\%$ 對果實品質之影響，以及葉面施肥對鳳梨釋迦葉片破損植株之復育效果。結果顯示，鳳梨釋迦葉片破損程度 30% 以下、 $30\%-50\%$ 與 50% 以上之果實重量分別為 745.2g 、 444.7g 與 463.1g ，具顯著差異。植株葉片破損程度達 50% 以上之果實種子數量與總可溶性固形物均顯著降低。鳳梨釋迦葉片破損植株於果實生長後期葉面施肥7次，能顯著降低營養梢基部葉片黃化脫落的情形，且果實總可溶性固形物 31.0°Brix ，顯著高於無葉面施肥之 27.6°Brix ，但對果實重量與種子數無顯著影響。研究顯示，鳳梨釋迦葉片破損程度達 30% 以上時，即會嚴重降低果實品質，而於果實生長後期增施葉面肥料可減緩葉片脫落，並提高果實總可溶性固形物含量。

一、前言

臺東地區於2月至10月份易受焚風或颱風的侵襲，焚風與颱風皆會伴隨強陣風，對農作物造成嚴重的傷害。2023年9月3日海葵颱風於臺東縣東河鄉登陸，成功鎮沿岸吹起16級(風速達 55 m/sec)強陣風，其餘各鄉鎮陣風亦達10級以上，致使果樹發生倒伏、枝條折損與葉片破損等損害情形。鳳梨釋迦採水平棚架整枝能減少植株倒伏的狀況，但因葉片面積較大，仍易受強風影響，發生葉片破損的情形。鳳梨釋迦的短截修剪多於7月至白露(9月)之間進行，若7月至8月發生颱風，導致營養梢與結果枝發生受損，仍能於白露前再次進行修剪，促進新梢萌芽與開花，恢復生產。然而鳳梨釋迦的開花習性屬長日照植物，10月以後的短日照時數不利鳳梨釋迦花芽分化⁽²⁾，因此若於9月上旬發生颱風，導致營養梢葉片

與結果枝受損，再次修剪後須進行夜間燈照，以促進花芽萌發，方能恢復生產⁽²⁾。但多數果園並無燈照設施，因此9月發生颱風危害後，當年度難以立即恢復生產，造成農民嚴重損失。

為了解鳳梨釋迦植株經9月颱風侵襲後，對植株生長及果實發育之影響，本研究調查營養梢不同葉片破損程度之果實品質，並探討葉面施肥對葉片破損植株果實品質之影響，作為日後鳳梨釋迦颱風復育技術推行之參考。

二、材料與方法

試驗(一)、葉片破損程度對果實發育之影響

1. 試驗地點：臺東區農業改良場班鳩分場。
2. 試驗材料：選取5年生以上鳳梨釋迦植株，植株採開心形水平棚架整枝。試驗植株於2023/08/17至08/23進行短截修剪，9/25至9/28進行人工授粉，每棵樹留果數約30-40粒，果實於2024/03/14採收後，置冷藏庫後熟(25°C、相對溼度80%)，軟熟後進行果實品質分析。
3. 試驗方法：海葵颱風侵襲後(2023/09/03)，將鳳梨釋迦植株依葉片破損程度分為： $<30\%$ 、 $30\%-50\%$ 與 $>50\%$ ，分別取樣調查果實生長情形、葉片葉綠素SPAD值與果實品質。
4. 調查項目與方法：
 - (1) 植株生長及果實發育：每週以游標卡尺量測果實縱徑，繪製果實生長曲線，果實採收後以葉綠素計(SPAD-502, Minolta, Japan)量測植株營養梢與結果枝之未破損與破損葉片SPAD值，並計算營養梢葉片數量及未著生葉片或側芽的節位數量。
 - (2) 果實品質：調查果實重量、種子重與種子數，以口袋型數位式曲折度計(PAL-1, ATAGO, Japan)量測總可溶性固形物。可滴定酸使用自動滴定儀(TA-70, TOA DKK, Japan)，取1 mL果汁稀釋至25 mL，以0.1 N NaOH滴定至pH 8.2，並以蘋果酸換算可滴定酸數值。

5. 試驗設計：試驗採完全逢機設計(CRD)，以1棵樹為1重複，共3處理，每處理行3重複。
6. 統計分析：以Costat 6.451進行變異數分析(ANOVA)與Fisher's least significant difference (LSD)比較，使用SigmaPlot 14.0作圖。

試驗(二)、葉面施肥對葉片破損植株果實品質之影響

1. 試驗地點：同試驗一。
2. 試驗材料：果實於2024/3/22採收，其餘同試驗一。
3. 試驗方法：海葵颱風侵襲後(2023/09/03)，選取葉片破損程度約30%-50%之植株，於果實第2次快速生長期(授粉後16週)起，每週葉面噴施‘美旺收’(N:P:K=10:10:10)800倍稀釋液1次，每株噴施33公升，自1/26起至3/7，共7次，對照組(CK)不噴施葉面肥料。
4. 調查項目與方法：除果實生長曲線調查外，其餘同試驗(一)。
5. 試驗設計：以1棵樹為1重複，共2處理，每處理行3重複。
6. 統計分析：以Excel 2021進行獨立樣本t檢定。

三、結果

(一)葉片破損程度對果實發育之影響

鳳梨釋迦果實發育符合雙S生長曲線(double sigmoid curve)，授粉至授粉後9週為第1次快速生長期，授粉後10週至18週為生長停滯期，授粉後19週至23週為第2次快速生長期。葉片破損植株之果實縱徑於第1個快速生長期後期至生長停滯期(lag phase)出現顯著差異，植株葉片破損小於30%之果實縱徑顯著大於植株葉片破損率大於50%之果實(圖1)。

鳳梨釋迦葉片經颱風侵襲後，葉片破損程度達30%至50%與50%以上之果實重量分別為445 g與463 g，顯著較破損程度低於30%者之745 g低(表1、圖2)。葉片破損率大於30%之果實種子數30.7粒亦顯著低於葉片破損率小於30%者之52.3粒。葉片破損率達50%以上

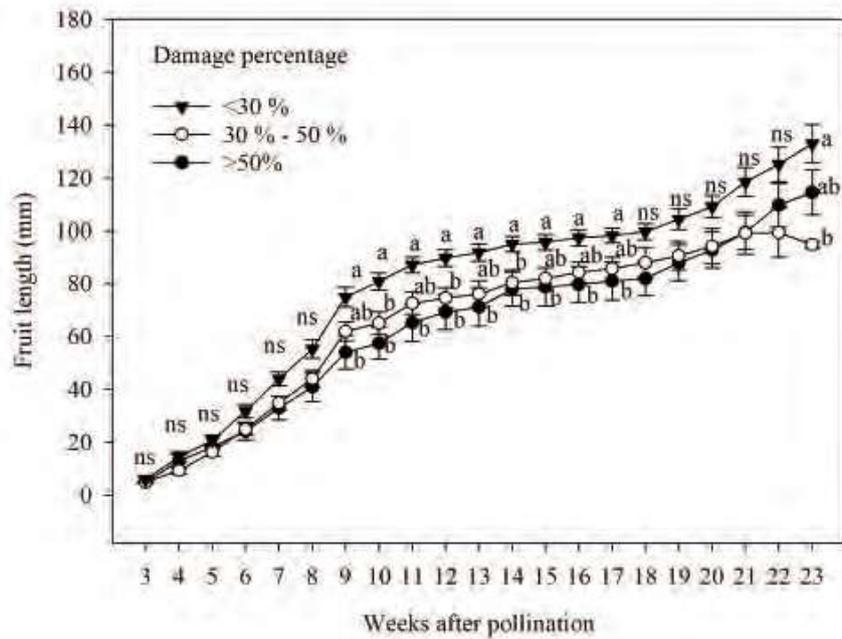


圖1.不同葉片破損程度之鳳梨釋迦果實生長曲線

Fig. 1. Atemoya fruit growth curves of different leaf damage percentage. Inverted triangle (▼), leaf damage percentage < 30 % ; empty circle (○), leaf damage percentage between 30 % to 50 %; solid circle (●), leaf damage percentage > 50 %. Error bars indicate standard error.

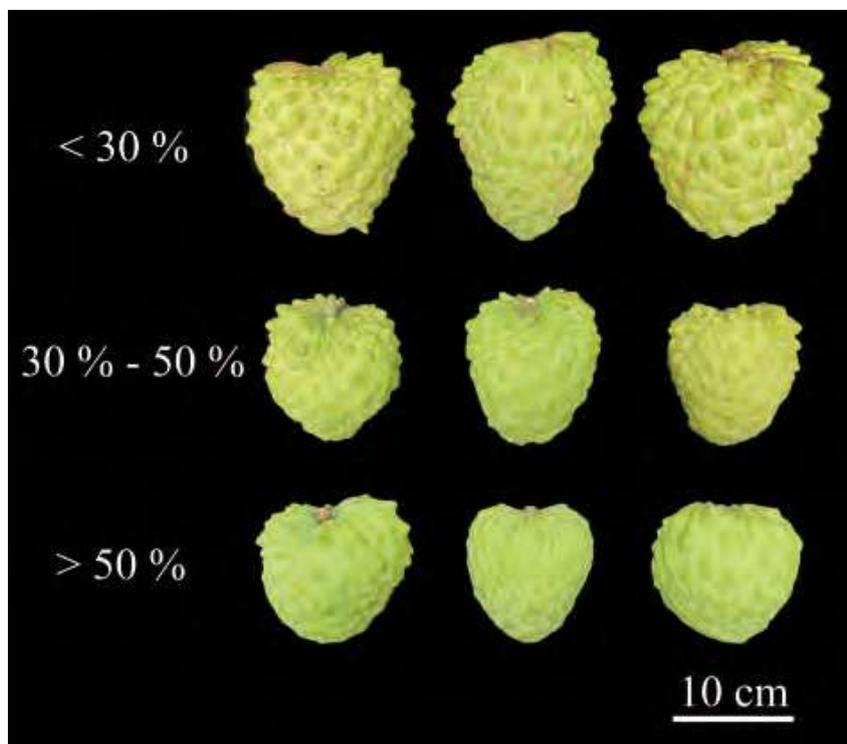


圖2.不同葉片破損程度之鳳梨釋迦果實

Fig. 2. Atemoya fruits of different leaf damage percentage

表1. 不同葉片破損程度植株之鳳梨釋迦果實品質

Table 1. Atemoya fruit quality of different leaf damage percentage plants

Leaf damage (%)	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit shape index	Flesh rate (%)	Total seeds weight (g)	No. of seed	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA ratio
< 30	745.2a ^z	137.4a	114.5a	1.2a	55.9a	22.8a	52.3a	30.7a	0.46a	69b
30-50	444.7b	114.9b	97.7a	1.2a	50.7a	13.1b	30.7b	27.7ab	0.37a	75ab
>50	463.1b	112.1b	101.1a	1.1a	54.0a	11.6b	30.7b	26.4b	0.29a	92a

^zDifferent letters within the same column indicate a significant difference of the means, tested by Fisher's LSD test at the 95 % confidence level.

TSS, total soluble solids; TA, titratable acidity.

之果實總可溶性固形物26.4 °Brix顯著較30 %至50 %者及30 %以下之27.7 °Brix與30.7 °Brix低(表1)。但葉片破損程度對果實直徑、果形指數、可滴定酸及糖酸比沒有顯著影響。

不同葉片破損程度之植株，營養梢的總芽體數無顯著差異，但葉片破損率達30 %以上之植株，營養梢未著生葉片的節位數15.9-16.3節與比例56.9%-58.7%皆顯著高於葉片破損率30 %以下植株之8.9節與35.5%(圖3、表2)。葉片數與葉綠素SPAD值在不同葉片破損程度的植株上無顯著差異(表2)。

(二) 葉面施肥對葉片破損植株果實發育之影響

鳳梨釋迦植株因颱風造成葉片破損率達30%-50%後，於果實生長的第2個快速生長期開始進行葉面施肥，葉面施肥植株果實重量為588.1 g與對照組之610.1 g無顯著差異(表3)。葉片施肥植株果實縱徑與直徑分別為124.3 mm及105.7 mm與對照組之122.7 mm及107.2 mm皆無顯著差異(表3)。果型指數、果肉率、種子重、種子數、可滴定酸及糖酸比亦無顯著差異(表3)。僅葉面施肥植株果實總可溶性固形物31.0 °Brix顯著高於對照組之27.6 °Brix(表3)。生長季末期，葉面施肥植株營養梢未著生葉片的節位數與比例分別為11.2節與38.1%，而對照組為14.9節與57.9%，其中，未著生葉片節位比例具顯著差異。但葉片數量、葉綠素SPAD值無顯著差異(表4、圖4)。

表2. 不同葉片破損程度對鳳梨釋迦植株營養梢之影響

Table 2. Effect of different percentages of leaf damaged on vegetative shoot of atemoya plant

Leaf damage (%)	No. of VS's bud	No. of VS's bud without leaf	Percentage of VS's bud without leaf	No. of sound leaf	No. of damage leaf	SPAD of fruiting shoot leaves	SPAD of VS sound leaves	SPAD of VS damaged leaves
< 30	25.0a ^z	8.9b	35.5b	28.1 a	6.1 a	34.0a	42.7a	34.7a
30-50	28.8a	16.3 a	56.9a	29.1 a	6.5a	35.1 a	44.3a	37.6a
>50	27.2a	15.9a	58.7a	19.4a	6.0a	35.4a	44.3a	38.6a

^zDifferent letters within the same column indicate a significant difference between the means, tested by Fisher's LSD test at the 95 % confidence level.

VS, vegetative shoot.

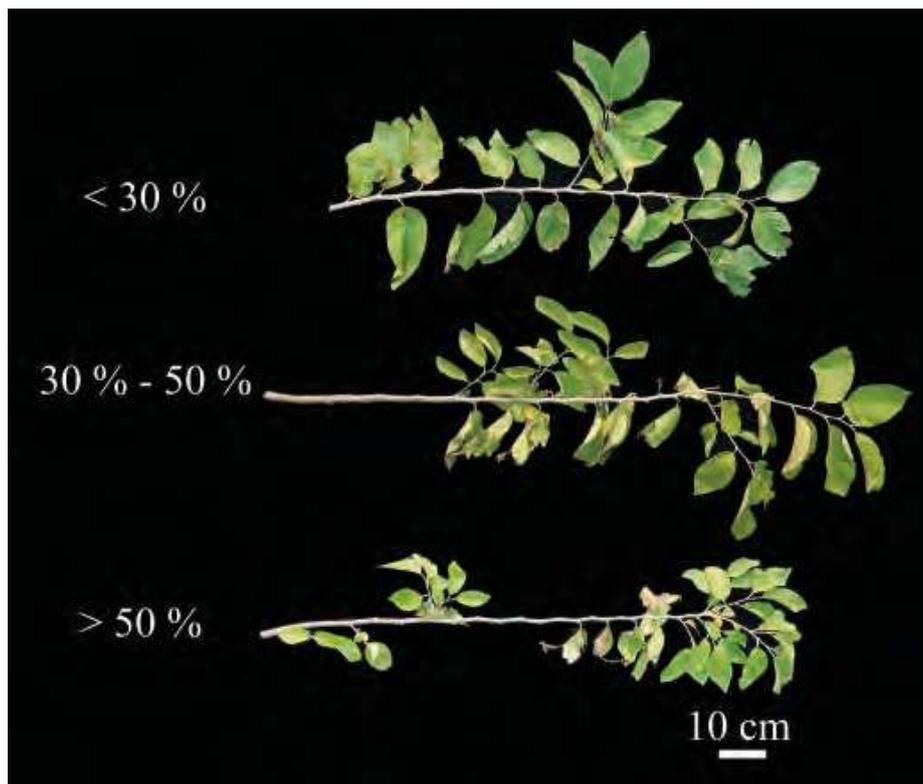


圖3.不同葉片破損程度植株之營養梢於生長季末期樣態

Fig. 3. Vegetative shoots of the different leaf damage percentages atemoya plant at the end of the growing season

表3.葉面施肥對果實品質之影響

Table 3. Effects of foliar fertilizer on fruit quality

Treatment ^z	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit shape index	Flesh rate (%)	Total seeds Weight (g)	No. of seed	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA ratio
F	588.1	124.3	105.7	1.2	56.5	18.4	41.6	31.0	0.40	79.3
CK	610.1	122.7	107.2	1.2	57.8	17.5	41.4	27.6	0.34	82.2
P value ^y	0.64	0.60	0.76	0.64	0.23	0.65	0.97	0.04*	0.07	0.56

^zF, foliar fertilizer was applied; CK, control (no fertilizers were applied).

^yIndependent t test was conducted at the 95 % confidence level. An asterisk followed by the p value indicates a significant difference between treatments.



圖4.葉面施肥對營養梢之影響

Fig. 4. Effects of foliar fertilizer on vegetative shoot. F, foliar fertilizer was applied; CK, control (no fertilizers was applied)

表4.葉面施肥對營養梢生長之影響

Table 4. Effects of foliar fertilizer on the vegetative shoot

Treatment ^z	No. of VS's bud	No. of VS's bud without leaf	Percentage of VS's bud without leaf (%)	No. of sound leaf	No. of damage leaf	SPAD of fruiting shoot leaves	SPAD of VS sound leaves	SPAD of VS damaged leaves
F	29.6	11.2	38.1	32.9	8.8	32.1	46.2	39.1
CK	25.9	14.9	57.9	29.6	7.0	29.5	43.5	36.4
P value ^y	0.14	0.13	0.045*	0.66	0.43	0.72	0.13	0.08

^zF, foliar fertilizer was applied; CK, control (no fertilizers were applied).

^yIndependent t test was conducted at the 95 % confidence level. An asterisk followed by the p value indicates a significant difference between treatments.

四、討論

(一) 葉片破損對果實發育之影響

果實發育及品質受供源(source)與積貯(sink)器官間碳水化合物之平衡與分配所影響⁽⁸⁾。鳳梨釋迦果實生長曲線呈雙S型，授粉後果實細胞快速分裂，隨後因氣溫下降與種子發育等因素，使果實發育減緩，溫度逐漸回升後，果實又恢復快速生長⁽¹⁾。研究指出，石榴花器發育、草莓花器發育與梨幼果期果實細胞分裂數量是影響成熟果實大小的重要因素^(5,9,10)，顯示花器分化及小果發育時期養分供給的重要性。蘋果果實發育養分主要來源於葉片之光合作用產物，少部分由枝幹貯存之養分，若蘋果枝梢葉片受損，植株會自行調整果實發育所需養分的來源，從主要由葉片光合產物供應，轉變為主要由樹體貯存之養分供應，但若葉片破損程度過高，僅依靠樹體貯存的養分則不足以供應果實發育，因此容易出現落果及果實較小等情形^(3,4)。Srisook等(2015)對‘Jecy Gold’獼猴桃(*Actinidia chinensis*)行人工除葉，發現除葉後會降低葉面積、促進側芽萌發、降低枝條澱粉含量、降低果實重量與增加落果率，推測碳水化合物供給缺乏與積貯器官間養分的競爭是影響果實品質的原因之一。Frioni等(2018)的研究中發現人工除葉會改變‘Pinot Noir’葡萄(*Vitis vinifera*)光合作用的生合成與分配，除葉程度較高的枝條葉片光合作用率與氣孔導度雖顯著上升，但單位結果枝中的總光合作用產物量減少，此外，除葉程度高的枝條其光合產物會傾向往葉片及頂梢運輸，而向果穗分配的比例大幅減少，因此除葉程度較高的枝條其著果率、果穗重量與產量皆顯著下降。

本試驗中鳳梨釋迦葉片破損率達30%以上之植株，其果實大小及品質皆顯著降低，推測原因為，植株於花器與果實發育階段葉面積降低，影響光合產物生合成與分配，並且因營養梢葉片脫落及頂芽受損後促進營養梢的側芽萌發，側芽、結果枝生長與花器、小果共同競爭光合產物，使得花器與小果發育時，無法獲取充足的養

分，進而影響花器發育與幼果細胞分裂，造成胚珠發育不良及果實細胞數減少，導致果實種子數與果實大小降低，並影響果實品質。

(二) 葉面施肥對對葉片破損植株果實品質之影響

一般情形下，葉片的老化(senescence)受到葉片壽命所影響，但葉片受到生物性或非生物性逆境時會出現提早老化的現象^(7,11)。在葉片老化的過程中，葉綠素含量會逐漸下降，因此葉色會由綠轉黃，此外，伴隨著蛋白質降解與淨光合作用率降低等生理機制的改變；而延後葉片老化能維持葉面積，促進光合產物的累積，具增進產量及品質的效果⁽¹¹⁾。受到強風破損的鳳梨釋迦葉片於生長季後期有提早落葉的情形，而施用葉面肥料，能顯著減少營養梢基部節位葉片脫落的比例，有維持葉片光合作用率與促進果實醣類累積的效果，因此能顯著提高成熟果實的總可溶性固形物，但是卻對果實大小沒有顯著的影響，可能與葉面肥料施用的時機有關。本次試驗中僅測試於果實發育後期噴施葉面肥料對果實之影響，但推測可能葉片破損所造成的養分競爭與缺乏情形主要發生於果實發育前期，因此本試驗的結果僅減緩營養梢基部葉片於生長季後期黃化掉落的現象，對於果實品質的提升並無顯著影響，未來可再測試於果實發育前期噴施葉面肥料，或許可以緩解養分競爭與缺乏的現象。

五、結論

本研究中，鳳梨釋迦葉片破損程度達30%以上，會使果實大小、果實種子數量與果實總可溶性固形物降低，影響果實品質。於果實第2個快速生長期施用葉面肥料於鳳梨釋迦葉片破損植株，雖不能顯著提高果實大小，但能顯著提高果實總可溶性固形物。葉片破損植株於果實緩慢生長期開始發生營養梢基部葉片黃化及脫落的情形，而施用葉面肥料可以減緩營養梢基部葉片脫落的情形，未來可再進一步測試葉片破損後，於果實細胞分裂期施用葉面肥料，對於果實生長之復育效果。

參考文獻

1. 江淑雯、盧柏松。2011。鳳梨釋迦在臺東地區之果實生長與特性。臺灣園藝57: 9-17。
2. 盧柏松、江淑雯、陳奕君。2016。鳳梨釋迦果園防風栽培及災後復育技術之研究。臺東區農業改良場研究彙報26: 1-16。
3. Baïram, E., C. Lemorvan, M. Delaire, and G.B. Sorlin. 2019. Fruit and leaf response to different source–sink ratios in apple, at the scale of the fruit-bearing branch. *Front. Plant Sci.* 10: 1039.
4. Bound, S.A. 2021. The influence of severity and time of foliar damage on yield and fruit quality in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Eur. J. Hortic. Sci.* 86: 270-279.
5. Cheng, G.W. and P.J. Breen. 1992. Cell count and size in relation to fruit size among strawberry cultivars. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 117: 946-950.
6. Frioni, T., D. Acimovic, S. Tombesi, P. Sivilotti, A. Palliotti, S. Poni, and P. Sabbatini. 2018. Changes in within-shoot carbon partitioning in Pinot Noir grapevines subjected to early basal leaf removal. *Front. Plant Sci.* 9: 1122.
7. Sakuraba, Y., S.H. Lee, Y.S. Kim, O.K. Park, S. Hortensteiner, and N.C. Paek. 2014. Delayed degradation of chlorophylls and photosynthetic proteins in *Arabidopsis* autophagy mutants during stress-induced leaf yellowing. *J. Exp. Bot.* 65: 3915-3925.
8. Srisook, W., C.K. Lim, E.U. Oh, K. Yi, S.C. Kim, K.S. Park, and K.J. Song. 2015. Effect of artificial defoliation on cane regrowth and fruit development in ‘Jecy Gold’ kiwifruit. *Hort. Environ. Biotechnol.* 56: 22-26.
9. Wetzstein, H.Y., W. Yi, J.A. Porter, and N. Ravid. 2013. Flower position and size impact ovule number per flower, fruitset, and fruit size in pomegranate. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 138: 159-166.
10. Zhang, C., K. Tanabe, S. Wang, F. Tamura, A. Yoshida, and K. Matsumoto. 2006. The impact of cell division and cell enlargement on the evolution of fruit size in *Pyrus pyrifolia*. *Ann. Bot.* 98: 537-543.

11. Zhao, W., H. Zhao, H. Wang, and Y. He. 2022. Research progress on the relationship between leaf senescence and quality, yield and stress resistance in horticultural plants. *Front. Plant Sci.* 13: 1044500.

Effect of Leaf Damage on Atemoya Fruit Quality

Po-Yuan Chen¹, Tzu-I Li¹, Chia-Hui Yen², and Su-Wen Jiang³

¹Assistant Researcher of Banchiu Branch Station of Taitung DARES, MOA.

²Research Assistant of Banchiu Branch Station of Taitung DARES, MOA.

³Associate Researcher and Chief of Banchiu Branch Station of Taitung DARES, MOA.

Abstract

To investigate the effect of typhoon strikes on the fruit quality of atemoya and post-disaster recovery techniques. We examined the effect of “Typhoon Haikui” on fruit quality under 3 levels of leaf damage: less than 30%, 30% to 50%, and more than 50%. Additionally, the study tested the effect of foliar fertilizer on the recovery of leaf-damaged atemoya plants. The results showed that the fruit weights of atemoya plants with less than 30%, 30% to 50%, and more than 50% leaf damage were 745.2 g, 444.7 g, and 463.1 g, respectively, which are significant differences. Fruits with more than 30% leaf damage showed a significantly lower number of seeds and total soluble solids (TSS). The application of foliar fertilizer 7 times significantly reduced the percentage of leaf yellowing on basal nodes of vegetative shoots in the late growing season and increased the fruit’s TSS from 27.6 °Brix to 31.0 °Brix compared to non-fertilized plants. However, foliar fertilizer did not increase the fruit weight and numbers of seed. In conclusion, atemoya fruit quality significantly deteriorates with more than 30% leaf damage, and applying foliar fertilizer 7 times can reduce the leaf yellowing and increase the fruit’s TSS.