

鳳梨果實性狀與果肉水浸狀生理劣變之相關性分析

張瓊姿¹⁾ 陳京城²⁾ 楊耀祥³⁾

關鍵字：鳳梨、水浸狀生理劣變、細胞壁轉化酵素

摘要：本研究主要探討鳳梨果實性狀彼此之間及與果肉水浸狀生理劣變之相關性。不同鳳梨品種果實性狀調查結果發現，台農 13 號為發生果肉水浸狀生理劣變最嚴重之品種，台農 4 號及台農 11 號為較不嚴重之品種，因此遺傳因子可能為影響鳳梨果肉水浸狀劣變發生的重要因子之一。進一步分析其相關性，結果發現果冠重與水浸狀嚴重程度呈顯著正相關。可溶性固形物與果肉水浸狀發生率及嚴重程度呈顯著負相關，而可滴定酸則與果肉水浸狀嚴重程度有顯著負相關。另外細胞壁轉化酵素(CWI)活性與果肉水浸狀嚴重程度及果冠重呈顯著負相關。

前 言

鳳梨[*Ananas comosus* (L.) Merr.]在植物分類學上屬於鳳梨科(*Bromelicaceae*)，原產於南美洲圭亞那高地及巴拉那-巴拉圭盆地(Coppens d'Eeckenbruffe, 1997)。鳳梨為多年生草本單子葉植物，耐乾旱，現廣泛栽培於熱帶及亞熱帶無霜害地區(Samson, 1986)。台灣全年均可生產，但以夏季及冬季收穫為主，尤以夏季為盛產期，主要產地集中在中、南部平原及海拔較低之山坡地。主要產地有屏東、台南、高雄、嘉義及南投等地區。主要栽培品種有開英、台農 4 號、台農 6 號、台農 11 號、台農 13 號、台農 16 號、台農 17 號、台農 18 號、台農 19 號等(蔡及黃, 2001)。

有些鳳梨品種之果實發育進入成熟期果肉會發生水浸狀生理劣變。發生水浸狀生理劣變之果肉孔隙度較低，細胞間隙之間充滿液體，並且組織細胞壁結構鬆散(Sideris and Krauss, 1933)。此類果實之果肉風味較差(Bowden, 1969)，容易發生病菌感染及機械傷害(Py *et al.*, 1987)。影響鳳梨水浸狀生理劣變發生之可能因子有品種、高氮、較強健植株、季節

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

3) 國立中興大學園藝學系教授。

變化、使用生長激素、灌溉頻率及種植密度等(Bartholomew and Paull, 1986)。

鳳梨果實之糖類含量為評估果實風味及品質之重要因子。鳳梨成熟果實中並無澱粉累積，主要糖類為蔗糖、葡萄糖、果糖。糖類累積會持續到果實老化階段，蔗糖濃度在後熟期達到最高後隨即逐漸下降，不過還原糖則持續上升(Singleton and Gortner, 1965)。Chen 及 Paull (2000)測定鳳梨栽培品種'Smooth Cayenne'果實不同發育階段之糖類代謝酵素，結果發現'Smooth Cayenne'果實於採收前 4~6 週蔗糖開始快速累積，而同一時期果肉之細胞壁轉化酵素(CWI)活性也迅速上升，推測 CWI 為影響鳳梨果實糖類累積之關鍵糖類代謝酵素。

鳳梨果實之品質與產量受到遺傳、環境及栽培管理等因子所影響，導致果實生長發育及品質的差異性(Bartholomew and Paull, 1986)。一般果實之糖類含量及形式為決定果實品質的重要因子之一，而糖類代謝酵素為影響果實糖類累積及形式的關鍵因子之一(Yamaki, 1995)。本試驗之目的為分析不同品種鳳梨果實性狀與細胞壁轉化酵素活性間之相關性，以提供將來鳳梨育種及糖類代謝相關研究更多的訊息。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

試驗材料為台灣主要鳳梨栽培品種之成熟果實。不同產區試驗之取樣地區及選取之鳳梨栽培品種有屏東瑪家[開英、台農 4 號(TN4)、台農 11 號(TN11)、台農 11 號(TN17)]、高雄烏松[台農 20 號(TN20)]，台南關廟[台農 6 號(TN6)，台農 13 號(TN13)，台農 19 號(TN19)]、嘉義農業試驗分所(Pernambuco)、以及南投名間[台農 18 號(TN18)]，每品種各 12 個果實，取樣時間為民國 92 年 3 月至 6 月。採樣依果實成熟度判斷，以果皮顏色為基準，選取果皮開始轉色至半黃階段之果實。果實性狀調查均在採樣當天或隔日至實驗室中進行。酵素活性分析用之鳳梨果肉樣品為果實中段去除果心之果肉切成 1-2 cm³，用液態氮急速冷凍之，儲存於-20°C 下備用。分析時將 3 個果實之果肉樣品混合當作 1 重複，共 3 重複。

二、試驗方法

(一) 果實性狀調查

1. 果實及果冠重量測定：用磅秤及天平測定，以 g 為單位。
2. 可溶性固形物測定：取鳳梨中段果肉搾取汁液，使用手持曲折計(hand refractometer, ATAGO)，以°Brix 表示之。
3. 可滴定酸測定：取 1 ml 鳳梨果汁，加入蒸餾水 9 ml 及 10 µl 0.1%酚酞(w/v ethanol)作為指示劑，以 0.1 N NaOH 滴定至呈現粉紅色，記錄滴定量，以檸檬酸為標準換算之，以 % 表示。

4. 果肉水浸狀發生率：估算整批果實中，發生水浸狀果實所佔之百分比。

果肉水浸狀發生率=水浸狀果實數量/總果實數量×100%

5. 果肉水浸狀發生嚴重程度：目測果實縱切面(不包括果心)水浸狀分佈面積，估計佔總縱切面面積之百分比，估計區間為 5%。

(二) 細胞壁轉化酵素活性測定

1. 酵素萃取

酵素之萃取及活性分析乃參照 Chen 及 Paull(2000)之方法。將冷凍之鳳梨果肉樣品用研鉢在液態氮中磨成粉末。依樣品:緩衝液=1:4 的比例，取果肉樣品 4g 加入 16 ml 緩衝液 [100mM 3-(N-morpholino)propanesulfonic acid (MOPS, 以 5 M NaOH 調整至 pH 7.5), 5 mM MgCl₂, 1 mM ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 2.5 mM DL-dithiothreitol (DTT), 0.05% Triton X-100 (v/v), 1 mM phenylmethylsulfonyl fluoride (PMSF), 20 μM trans-epoxysuccinyl-L-leucylamido-(4-guanidino) butane (E-64), 1 mg/ml bovine serum albumin (BSA), 10 mg/ml polyvinyl polypyrrolidone (PVPP)]以均質機充分混合 2 分鐘，離心(16,000 ×g)30 分鐘。

取沉澱物加入等量 16 ml 去離子水，充分混合清洗沈澱物，離心(16,000 ×g) 30 分鐘後去除上層液。加入等量 16 ml 緩衝液[100 mM citrate-phosphate 緩衝液(pH4.5), 2.5 mM DTT, 1 M NaCl, 1 mg/ml BSA]充分震盪混合 1-2 分鐘後，置於 4°C 下 24 小時。隔天充分震盪混合 1-2 分鐘，離心(16,000×g)30 分鐘後取上層液並使用去鹽過濾濃縮管純化酵素，以緩衝液[100 mM citrate-phosphate buffer (pH4.5), 5 mM MgCl₂, 2.5 mM DTT]稀釋鹽類濃度 1000 倍以上。離心(3000 ×g)濃縮上層液至 1 ml，其上層液為不可溶性酵素濃縮萃取液。萃取酵素之相關藥品購自 Sigma 及 USB 公司。全程樣品均置於 4°C。

2. 酵素活性分析

100 μl 反應溶液[100 mM citrate-phosphate buffer (pH4.5), 100 mM sucrose, 50 μl 不可溶性酵素濃縮萃取液]，分別在 35°C 下反應 0 及 30 分鐘後，以冰的 1 ml 100 mM borate buffer (pH 9.0)停止反應，加入 0.1 ml 1% 2-cyanoacetamide (w/v)，在沸水浴中煮 10 分鐘，再以冷水浴降至室溫，以分光光度計測量波長 276 nm 之 OD 值。標準品以不同濃度之葡萄糖及果糖(1:1)混和液測定之，分析方法同酵素活性分析。

結 果

一、鳳梨果實性狀調查

鳳梨果實樣品採自台灣各產區，調查不同鳳梨栽培品種果實之果冠重量、果實重量、冠果比、可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比、果肉水浸狀生理劣變發生率及嚴重程度、以及細胞壁轉化酵素活性。調查之品種有開英、台農 4 號、台農 6 號、台農 11 號、台農 13

號、台農 16 號、台農 17 號、台農 18 號、台農 19 號、台農 20 號及 Pernambuco(表 1)。冠果比部分以台農 13 號最高達 0.16，台農 19 號，台農 4 號、台農 16 號及台農 17 號冠果比則偏低只有 0.04。可溶性固形物方面，台農 19 號最高達 20°Brix，而 Pernambuco 則偏低僅 12.6°Brix。可滴定酸方面，台農 11 號之可滴定酸含量高達 1.14%，台農 13 號之可滴定酸含量則最低僅有 0.31%。糖酸比以台農 13 號之 45.8 最高，台農 11 號之 13.4 最低。果肉水浸狀發生率方面，台農 6 號、台農 13 號及 Pernambuco 發生率高達 100%，其次為台農 18 號發生率有 91.7%，而台農 13 號則沒有水浸狀生理劣變發生。果肉水浸狀嚴重程度方面，台農 13 號最為嚴重高達 95.8%，其次為 Pernambuco 嚴重程度有 78.8%，台農 4 號及台農 11 號則低於 5%。CWI 活性方面，台農 11 號、台農 17 號、台農 4 號及台農 18 號之 CWI 活性高於 30 $\mu\text{mol/h/g FW}$ ，台農 13 號則 CWI 活性最低為 3.92 $\mu\text{mol/h/g FW}$ 。

表 1. 採自不同產區之不同品種鳳梨果實性狀調查

Table1. Fruit characteristics of pineapple cultivars harvested from different area.

Cultivars	CW (g)	FW (g)	CW/FW	TSS (°Brix)	TA (%)	TSS/TA	TI (%)	TS (%)	CWI activity ($\mu\text{mol/h/g FW}$)
Smooth Cayenne	163± 8	1967± 69	0.08±0.01	15.9±0.5	0.57±0.03	27.8±1.0	83.3	68.8±20.2	19.0±2.6
TN4	52± 3	1304± 73	0.04±0.00	17.5±0.5	0.61±0.05	28.9±1.8	0	0	36.1±5.2
TN6	121±14	1519± 95	0.08±0.01	13.5±0.2	0.38±0.02	35.5±1.9	100	71.3±14.8	20.7±1.9
TN11	82± 5	1222± 53	0.07±0.00	15.4±0.3	1.14±0.02	13.4±0.3	66.7	4.2± 1.9	39.5±2.3
TN13	174±26	1104± 53	0.16±0.03	14.4±0.2	0.31±0.02	45.8±1.7	100	95.8± 1.4	3.9± 1.4
TN16	64± 7	1839±202	0.04±0.00	14.4±0.7	0.47±0.03	31.1±2.4	83.3	65.4±22.8	12.3±1.2
TN17	56± 2	1332± 51	0.04±0.00	15.6±0.2	0.40±0.02	39.3±1.6	75.0	42.9±23.7	39.5±5.6
TN18	61± 4	1352± 42	0.05±0.00	13.3±0.3	0.90±0.14	15.1±2.6	91.7	56.7±20.3	32.4±2.0
TN19	139± 6	1035± 78	0.14±0.00	20.0±0.8	0.50±0.04	40.0±3.2	75.0	30.8±17.1	17.5±2.4
TN20	121±25	1952±123	0.06±0.01	15.5±0.7	0.66±0.04	23.4±2.4	41.7	29.6±20.5	20.7±1.3
Pernambuco	152±13	1056± 48	0.14±0.01	12.6±0.4	0.45±0.02	28.1±1.5	100	78.8± 7.8	10.1±6.0

z : CW : 果冠重, FW : 果實重, TSS : 可溶性固形物, TA : 可滴定酸, TI : 水浸狀發生率, TS : 水浸狀嚴重程度。

z : CW : Crown weight, FW : Fruit weight, TSS : Total soluble solids, TA : Titratable acid, TI: Translucency incidence, TS: Translucency severity.

y : 平均值±標準誤差。

y : Mean± standard error.

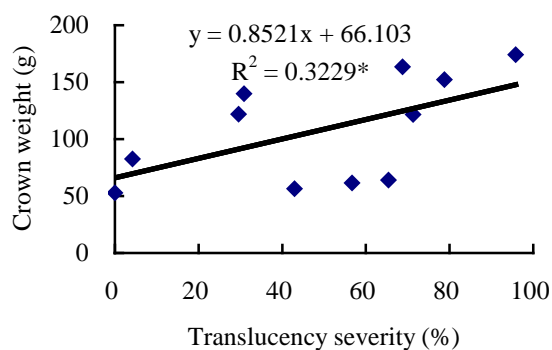


圖 1. 鳳梨果肉水浸狀嚴重程度與果冠重量之相關性

Fig. 1. Correlation between pineapple crown weight and flesh translucency severity.

*: Coefficient significant at $P \leq 0.1$.

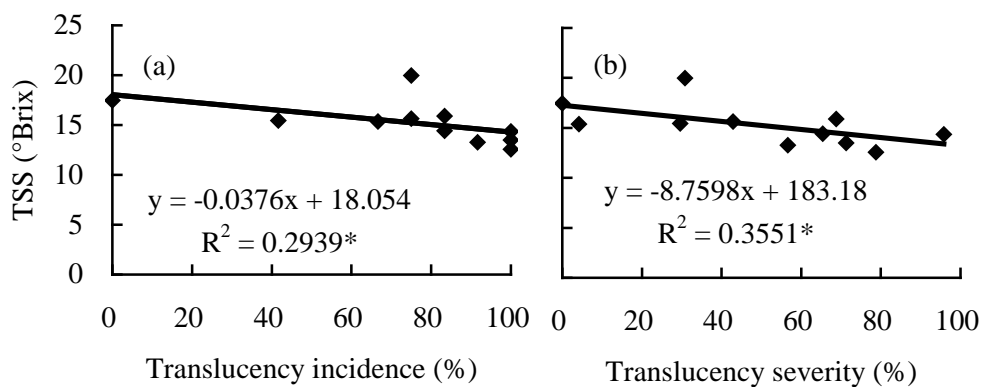


圖 2. 鳳梨果肉水浸狀發生率(a)及嚴重程度(b)與可溶性固形物(TSS)之相關性

Fig. 2. Correlations between total soluble solids(TSS) and translucency incidence (a) and translucency severity (b) of pineapple flesh.

*: Coefficient significant at $P \leq 0.1$.

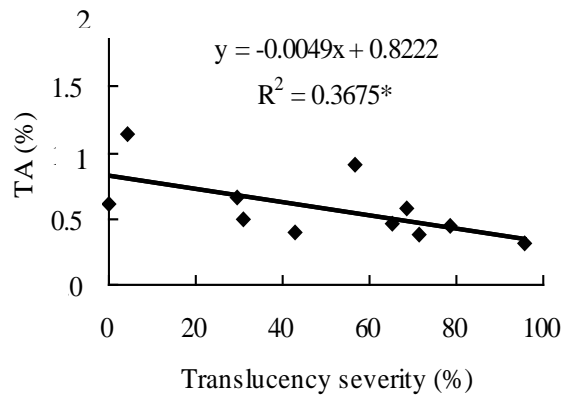


圖 3. 鳳梨果肉水浸狀嚴重程度與可滴定酸(TA)之相關性

Fig. 3. Correlation between translucency severity and titratable acid (TA) of pineapple flesh.

*: Coefficient significant at $P \leq 0.1$.

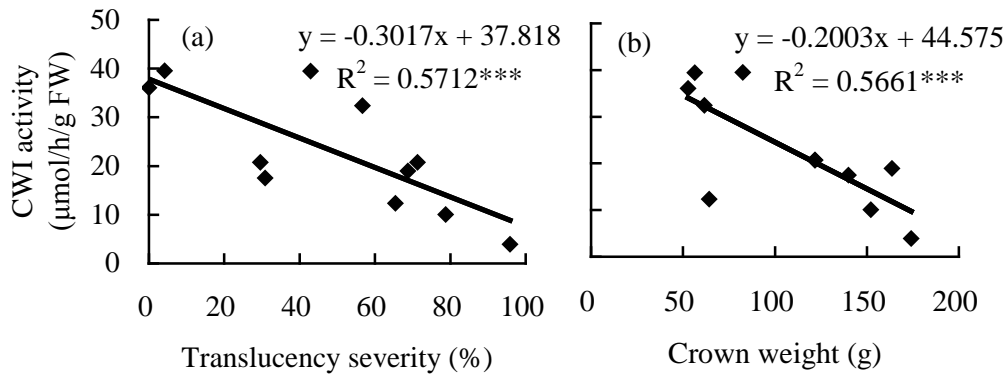


圖 4. 鳳梨果肉細胞壁轉化酵素(CWI)活性與水浸狀嚴重程度(a)及果冠重(b)之相關性

Fig. 4. Correlation between cell wall invertase activity and translucency severity (a) and crown weight (b) of pineapple flesh.

***: Coefficient significant at $P \leq 0.01$.

二、鳳梨果實性狀間之相關性分析

果冠重與水浸狀嚴重程度呈顯著正相關($R^2=0.3229$)(圖 1)。另外可溶性固形物含量與果肉水浸狀發生率($R^2=0.2939$)及嚴重程度($R^2=0.3551$)呈顯著負相關(圖 2)。可滴定酸則與果肉水浸狀嚴重程度有顯著負相關($R^2=0.3675$)(圖 3)。而 CWI 活性與果肉水浸狀嚴重程度($R^2=0.5712$)及果冠重($R^2=0.5661$)(圖 4)呈顯著負相關。

討 論

一、不同鳳梨品種間果肉水浸狀生理劣變發生之差異

鳳梨果肉水浸狀生理劣變的發生有可能受到外在環境因子影響，因鳳梨果實採收前 1~3 個月之氣溫與果肉水浸狀生理劣變之發生呈顯著負相關(Paull and Reyes, 1996)，而發育後期之高果溫可能透過影響膜的滲透性引起水浸狀的發生(Chen and Paull, 2001)。在果實發育期間施肥量較高時比較容易發生水浸狀劣變(Dalldorf, 1993)。本研究發現不同鳳梨品種間果肉水浸狀生理劣變發生有顯著差異。容易發生水浸狀生理劣變之鳳梨栽培品種，其嚴重程度也愈高，如台農 13 號為最容易發生水浸狀生理劣變之品種，並且其劣變程度也最為嚴重，台農 4 號及台農 11 號則為較不嚴重之品種，因此遺傳因子可能為影響鳳梨果肉水浸狀劣變發生的重要因子之一。

二、鳳梨果肉水浸狀生理劣變與其他果實性狀之相關性

Paull 及 Reyes(1996)發現單一品種'Smooth Cayenne'全年果肉水浸狀生理劣變與果冠重量呈顯著負相關。本研究結果發現不同品種間果冠重量與果肉水浸狀生理劣變具有顯著正相關性，此結果與 Paull 及 Reyes(1996)之結果並不一致。因此影響此相關性之外在因子為何，有待進一步探討研究。

Bowden(1969)在不同鳳梨營養系中發現，果肉水浸狀嚴重程度愈高者，果實重量則愈重，果肉可溶性固形物及可滴定酸會隨著水浸狀嚴重程度增加而逐漸下降，而糖酸比則與水浸狀嚴重程度成正相關，以上前人研究與本研究結果一致。

三、鳳梨果肉水浸狀生理劣變與 CWI 活性之相關性

Chen 及 Paull(2000)發現，鳳梨栽培品種'Smooth Cayenne'中 CWI 活性除了與成熟期蔗糖累積有關之外，與果肉水浸狀生理劣變有顯著正相關，推論水浸狀的發生有可能是蔗糖卸載於細胞質體外時受到 CWI 高活性之影響分解成單糖，並累積在細胞質體外(Tymowska-Lalanne and Kreis, 1998)，導致細胞質體外的溶質濃度升高，促進水分子向此區域移動，因而發生水浸狀之生理劣變。本研究進一步探討不同品種間果肉糖類代謝酵素活性與水浸狀生理劣變之相關性，結果發現 CWI 活性與水浸狀生理劣變具有顯著負相關性，因此不同品種間水浸狀生理劣變發生之差異性可能受到其他遺傳因子之影響。

參 考 文 獻

- 蔡精強、黃碧海。2001。鳳梨產銷改進與發展。台灣鳳梨品種改良與病蟲害管理研討會專刊。嘉義農業試驗分所編印 p.21-30。
- Bartholomew, D. P. and R. E. Paull. 1986. Pineapple. In: S. P. Monselise(ed). Handbook of Fruit Set and Development. pp.371-388. CRC Press.
- Bowden, R. P. 1969. Further studies on ripeness in pineapples. Food Technol. Austr. 21: 160-163.
- Chen, C. C. and R. E. Paull. 2000. Sugar metabolism and pineapple flesh translucency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 558-562.
- Chen, C. C. and R. E. Paull. 2001. Fruit temperature and crown removal on the occurrence of pineapple fruit translucency. Sci. Hort. 88: 85-95.
- Coppens d'Eckenbruffe, G., F. Leal, and M.-F. Duval. 1997. Germplasm resources of pineapple. Hort. Rev. 21: 133-175.
- Dalldorf, E. R. 1993. The effect of plant population and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of Smooth Cayenne pineapple. Acta Hort. 334: 221-226.
- Paull, R. E. and M. E. Reyes. 1996. Preharvest weather conditions and pineapple fruit translucency. Sci. Hort. 66: 59-67.
- Py, C., J. J. Lacoevilhe, and C. Teisson. 1987. The Pineapple: Cultivation and Uses. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris.
- Samson, J. A. 1986. Pineapple. In: Tropical Fruits. Longman Scientific and Technical, New York. pp.191-215.
- Sideris, C. P. and B. H. Krauss. 1933. Physiological studies on the factors influencing the quality of pineapple fruits. I. Physicochemical variations in the tissue of ripe pineapple fruits. Pineapple Quart. 3: 82-98.
- Singleton, V. L. and W. A. Gortner. 1965. Chemical and physical development of the pineapple fruit II. Carbohydrate and acid constituents. J. Food Sci. 30: 19-23.
- Tymowska-Lalanne, Z. and M. Kreis. 1998. The plant invertases: physiology, biochemistry and molecular biology. Adv. Bot. Res. 28: 71-117.
- Yamaki, S. 1995. Physiology and metabolism of fruit development. Acta Hort. 398: 109-120.

The Relationship between Pineapple Fruit Characteristics and Flesh Translucency Occurrence

Chiung-Tzu Chang ¹⁾ Ching-Cheng Chen ²⁾ Yau-Shiang Yang ³⁾

Key words: Pineapple, Translucency, Cell wall invertase

Summary

The correlations between fruit characteristic factors and translucency occurrence in pineapple flesh were examined. The results showed that TN13 was highly susceptible cultivar and TN4 was tolerant one, which suggested that heredity is one of the important factors effecting translucency occurrence in pineapple flesh. The crown weight was significantly positively correlated to translucency severity. There were significant negative correlations between flesh translucency severity and total soluble solids and titratable acid. In addition, there were significant negative correlations between CWI activity and translucency severity and crown weight.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

3) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

