

以生化及組織化學方法預測橫山梨之萌芽期¹

林信山 林嘉興 張林仁²

摘 要

本省中部中低海拔地區之高接梨產業，是一種獨特的栽培方法，產值很高。高接作業的適當時機是每年的一月間，但果農爲了早高接早收穫可賣到好價錢，所以都盡量提早高接之作業日期，結果因砧樹橫山梨未完全脫離休眠，尙未恢復生長，致影響高接梨果實之生長至鉅。因此，若能建立預測萌芽期之指標，在橫山梨萌芽前至少25日就能預測萌芽日期，供判斷高接適期，必將極有應用價值。本試驗以台中區農業改良場梨園中之5年生橫山梨(*Pyrus serotina* Rehd. cv. Hengshan) 8株供試，連續3年於預期萌芽期之前後取樣枝條，分析比重、澱粉含量、去氫酶活性等之時序變化，並進行碘液呈色之組織化學觀察的結果，顯示枝條比重及澱粉含量均在橫山梨萌芽前一個月有一高峯值，然後呈現下降的趨勢；碘液呈色反應顯示枝條切面之褐色隨著澱粉含量之遞減而漸淡。這三項參數的一致性變化，及其高峯值出現的時機，導引建立以枝條比重及碘液呈色之時序變化爲指標，來預測橫山梨萌芽期的可能性。去氫酶活性在萌芽前約一週出現較高峯值的現象，可做爲橫山梨恢復生長的佐證。

關鍵字：梨、澱粉、碘液呈色、去氫酶、比重、預測、萌芽。

前 言

本省梨果樹產業之發展，至今已有一百多年，歷經多次的改進，先有平地種植之橫山梨，及其後續建立之秋花夏果栽培技術，而保有一段時期之穩定期；其後伴隨中部橫貫公路之開發，引進溫帶梨新品種，蔚爲有厚利可圖之產業。此後，因品質有所區隔，產期又很接近，致使品質相對較低的橫山梨，競爭力快速下降，產業遭受很大的擠壓，甚而廢耕；在絕地求生的情況之下，開發出高接梨栽培技術，使平地之橫山梨產業有了第二春，栽培者因而獲得相當不錯的利潤。然而在國人喜愛嚐新的消費習慣之下，早上市的水果售價較高，這種消費者導向促使高接梨之栽培者設法提早高接日期，冀能獲得較高的利潤。

中部地區高接梨之高接適期，一般以梅樹開花時爲準，此時距離同一地點之橫山梨樹萌芽約有25至30日，若推算日期及累計多年的田間經驗，一月中旬前後是高接最適當的時期⁽¹⁾。但果農爲提早採收期以獲得較高利潤，嫁接期遂有提早到十二月上旬者，他們在十月至十一月間即施有機肥及微生物肥料等，期望橫山梨早日恢復生長，但因無所依據，風險很大，若接穗已開花，但橫山梨母樹尙在休眠中，將影響高接之成績。因此若能建立一套有關橫山梨樹體活力或預估萌芽期之指標，做爲高接適期之參考，對產業之發展應有所助益。

¹ 台中區農業改良場研究報告第 0411 號。

² 台中區農業改良場研究員、副研究員及助理研究員。

一般落葉果樹脫離休眠至恢復生長的過程中，從外表能夠判斷的徵象，就是芽體的萌動，此時已錯開高接適期。本省冬季期間寒流入侵頻度及強度不定，致使氣溫非常不穩定，這增加預測萌芽期的困難。爲了提早高接並確保成功，使高接梨的產期更有彈性，及提高梨農之收益，乃由生化及組織化學的觀點著手，嚐試開發預估萌芽期的方法。

材料與方法

本試驗於彰化縣大村鄉台中區農業改良場進行，供試之橫山梨(*Pyrus serotina* Rehd. cv. Hengshan)係扦插繁殖苗，1989年春季定植，主幹直立，自然形整枝，在180 cm處去頂，在主幹周圍螺旋狀分佈6~8主枝。1993年冬季至1996年春季間共進行三年。進行各項試驗前，先於供試之8株梨樹之東南西北四向各標定生長勢近似的枝條4枝，供調查非破壞性之萌芽率，另外每樹再標定4枝條，在各採樣時間點(如圖示)，每次從上往下取1個節間，立即放於碎冰中，帶回實驗室後，供分析比重、澱粉含量、去氫酶之活性、及碘呈色反應等。樣品之比重及分析數據以平均值及標準機差(standard error, S.E.)表示。

枝條比重以Mettler PM300型電子天秤加掛量測樣品在水中重量之套件，以"比重=空氣中重量/(空氣中重量-水中重量)"的公式計算之。爲了力求樣品之均一，乃於正式取樣之前，隨機選取8枝條，量測各節間比重之差異，以決定取樣之節位。萌芽率之調查⁽¹⁹⁾，依時序進行。澱粉含量採用酵素分析法^(2,12,14,24)，係加5 ml之80%酒精於0.5 g之樣品中後，100°C水浴20分鐘，經5000 xg離心，沉澱物以4 ml之0.2 N氫氧化鉀溶液於100°C水浴30分鐘萃取出澱粉，萃取液以1N之醋酸調pH爲4.6後，經一序列之酵素反應而定量之，即澱粉與amyloglucosidase (EC 3.2.1.3, Sigma Co. A-3514)反應成葡萄糖，續在adenosine-5'-triphosphate (ATP)的存在下，由hexokinase (EC 2.7.1.1, Sigma Co. H-5625)催化成glucose-6-phosphate (G-6-P)，接著在G-6-P dehydrogenase (EC 1.1.1.49, Sigma Co. G-5760)的催化下，G-6-P被nicotinamide-adenine dinucleotide phosphate (NADP)氧化成gluconate-6-P，伴隨著還原成的NADPH，可藉量測OD₃₃₄之吸光值而反推澱粉之含量。去氫酶活性之測定，係以Johnston (1986)所述之方法⁽¹³⁾爲根據，即0.1 g樣品加入以pH 7.4之0.05 M磷酸鹽緩衝液配成之0.08% triphenyltetrazolium chloride (TTC)溶液3 ml，於黑暗中靜置20小時後，離心，沉澱物以95%之酒精於90~95°C水浴中萃取出紅色之triphenylformazan溶液，供讀取OD₄₈₀之吸光值，然後比較各時間點樣品之相對吸光值。組織化學檢定採用碘呈色反應，染料母液爲0.15 g碘(iodine)加1.5 g碘化鉀(potassium iodide)溶於12.5 ml之蒸餾水中而成，使用時稀釋15倍，供試節間組織厚度約0.5 mm(約0.4 g)，埋浸於染液後即呈色。

結 果

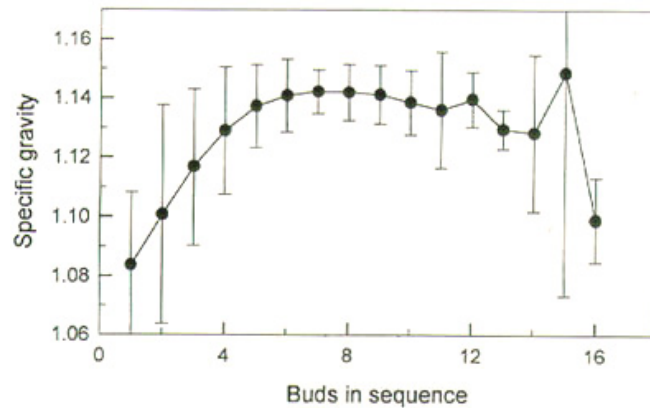
萌芽率、枝條之比重與澱粉含量及去氫酶活性測定

一、1993年冬季至1994年春季

預備試驗之橫山梨8支成熟枝條平均約有16節，各節之比重示如圖一，各節比重平均值之標準機差都很大，表示枝條別之差異很大，尤其基部3節及梢頂2節之差異更大，其他各

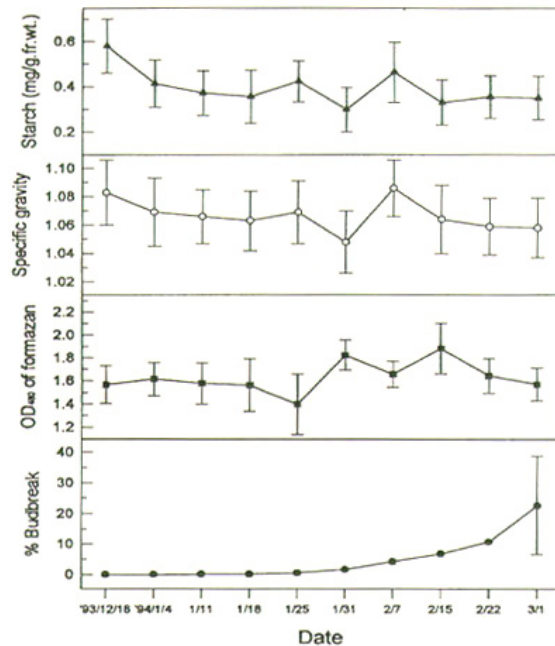
節之平均比重，有數據上的差距，但在統計上差異不顯著，所以實測時之取樣部位從頂端往下第3節開始，並避免選取基部3節。

供試橫山梨約在1994年1月4日至11日間開始萌芽(圖二)，但萌芽期很長，萌芽率很低，至3月1日，萌芽率只有22.6%，又萌芽很不整齊，即在2月22日前平均萌芽率小於其標準機差(所以圖中未標示)，這是冬季低溫不足所引起之典型生理障礙。



圖一、橫山梨當年生枝條各節間於冬季時之比重。

Fig. 1. Specific gravity of branch internode of current year during winter.



圖二、橫山梨於1993年12月至1994年3月間之萌芽率、去氫酶活性、枝條之比重及澱粉含量之變化。

Fig. 2. Fluctuation of budbreak rate, dehydrogenase activity, specific gravity and starch content in Hengshan pear branches from December in 1993 to March in 1994.

根據台中區農業改良場測候站的記錄(附錄一)，在調查萌芽之期間，至3月1日止，氣溫低於10°C(相當於1個低溫單位，chilling unit, CU)的時數只有55小時，10~12°C(相當於0.6 CU)⁽³⁾之時數只有162小時，在打破休眠最有效的低溫(8°C)⁽⁶⁾之時數更少，又偶而出現之高溫有抵消低溫打破休眠之效果⁽⁸⁾，所以冬季低溫不足之現象應是存在的。

枝條中去氫酶之相對活性(OD_{480})，如圖二所示，12月18日為1.566，1月4日升高至1.616，初萌芽時(1月11日)降低為1.578，至1月31日才又升高至1.825，此時之萌芽率為1.73%。雖然在統計上各測試時間點去氫酶活性並無顯著差異，但萌芽前活性有升高的態勢。

枝條比重之時序變化，如圖二所示，1993年12月18日之比重為1.083，1994年1月4日萌芽前比重降至1.069，之後雖然偶有比重增加的現象，但整體而言比重在3月1日之前呈遞降的趨勢。但若就統計觀點，各時間點之比重並無顯著差異。

枝條中澱粉之含量，隨時日之遷移而改變(圖二)，最高值出現於萌芽前(12月18日)，為0.579 mg/g.fr.wt.，至初萌芽(1月11日)時降低至0.371 mg/g.fr.wt.，之後雖有起伏，但整體趨勢為萌芽前澱粉之含量逐漸減少。

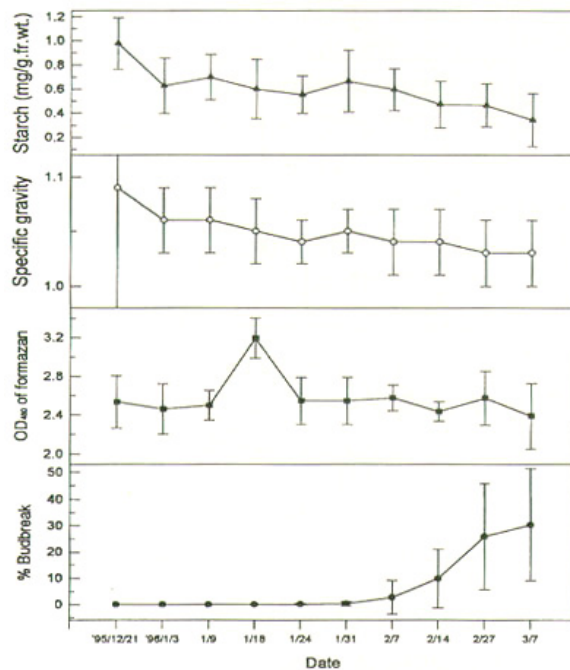
二、1995年冬季至1996年春季

供試橫山梨之萌芽率、枝條比重及澱粉含量、與去氫酶活性之時序變化情形示如圖三，1996年1月24日開始萌芽，至3月7日，萌芽率達到30.2%，各次萌芽率之標準機差均很大，所以圖中未標示。本季氣溫之變化示於附錄二，全季低於 10°C 之累計時數只有93小時，介於 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$ 之時數為232小時。比較二個年份的萌芽率，清楚的顯示低溫對於橫山梨萌芽之影響。

去氫酶之活性在萌芽直前(1月18日)最高， OD_{480} 為3.192，與其他時間點差異顯著。

橫山梨枝條之比重，在萌芽前約一個月(12月21日)為1.09，逐漸減少至1月24日的1.04，且在測試期間均未回升。

澱粉含量之變化趨勢與比重類似，即在萌芽前約一個月含量最多(0.976 mg/g.fr.wt.)，之後呈現漸降之趨勢，在3月7日之前沒有回升的跡象。



圖三、橫山梨於1995年12月至1996年3月間之萌芽率、去氫酶活性、枝條之比重及澱粉含量之變化。

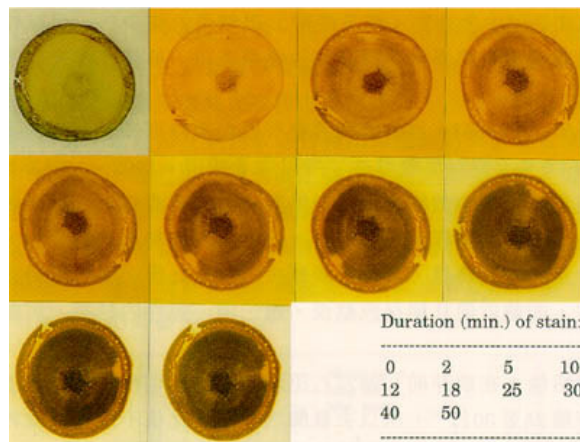
Fig. 3. Fluctuation in budbreak rate, dehydrogenase activity, specific gravity and starch content in Hengshan pear branches during December in 1995 to March in 1996.

枝條中澱粉含量之組織化學法測定

橫山梨枝條中澱粉含量之組織化學研究，係先比較不同染色時間之呈色情形，結果如圖四，在40分鐘內，枝條澱粉之呈色隨時間之延長而加深，但染色40分鐘與50分鐘對呈色無目測上的明顯差別，而染色超過30分鐘以後，背景碘液逐漸褪色，所以往下之試驗即以40分鐘為染色標準時間。

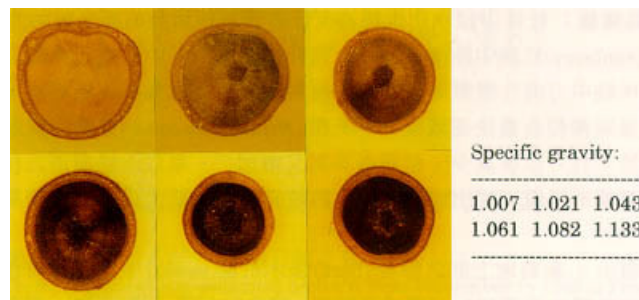
接著即以不同比重之枝條節間為材料，經染色的結果，如圖五，在比重從1.007至1.133之間，呈色隨著比重增加而漸深。

1995年冬季至1996年春季間，各日期採樣後染色之結果示於圖六，隨著時間的推移，越接近萌芽期之樣品，呈色越淡。



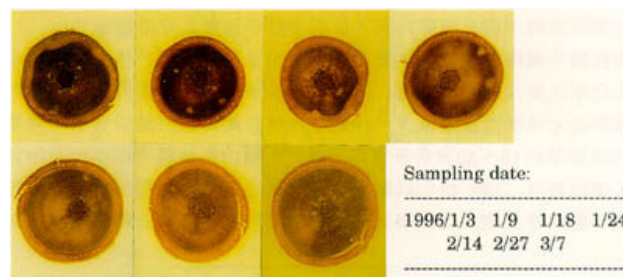
圖四、橫山梨枝條經不同時間之碘液染色後之呈色反應。

Fig. 4. Results of Iodine/potassium iodide stain of Hengshan pear branch sections in time course.



圖五、不同比重之橫山梨枝條經碘液染色後之呈色反應。

Fig. 5. Results of Iodine/potassium iodide stain of Hengshan pear branch sections of different specific gravity.



圖六、不同日期採樣之橫山梨枝條經碘液染色後之呈色反應。

Fig. 6. Results of Iodine/potassium iodide stain of Hengshan pear branch sections sampled at different date.

討 論

橫山梨已在台灣種植很久，並做經濟栽培，但夏秋間的超適溫(supra-optimum)及冬季低溫不足仍是每年遭遇的問題。夏季之超適溫可能阻礙營養生長，導致枝條不夠充實，累積的儲藏性物質較少⁽⁹⁾，尤其是碳水化合物(糖及澱粉)累積量的減少⁽²¹⁾。供試橫山梨種植於彰化縣之平地，夏秋間之超適溫引起異常萌芽及葉片提早老化，終使枝條充實不良，澱粉含量較少。

本試驗連續進行三年，但1994~1995年期因春季低溫期特別長，萌芽很不正常，至1995年3月3日，萌芽率只有1.2%，資料很難評估，所以未予採用。1993~1994及1995~1996年期之試驗結果，顯示不同年份枝條中澱粉含量有所差異(圖二及圖四)，可能係氣溫、雨量及其分佈、前期產量及病虫害之為害程度等之影響，但變化的趨勢卻是相似的，即在萌芽前約一個月，枝條中澱粉含量居於高峰值，然後逐漸減少，枝條比重之變化趨勢亦雷同，而碘液呈色之結果也是一致的，即越近萌芽期呈色越淡。這三項一致性的結果，可歸納出預測橫山梨萌芽期的途徑。

至於去氫酶之相對活性，在萌芽前一週左右出現較高值，但橫山梨高接溫帶梨之適當作業時間約在橫山梨萌芽前25至30日⁽¹⁾，所以去氫酶活性之變化值不適宜供做判斷高接適期之依據，但去氫酶活性仍可做為評估橫山梨春季萌芽前後生長勢強弱之用。

落葉樹樹體碳水化合物含量之週年變化，因樹種而有所不同，例如lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*，蔓越橘屬)枝條中碳水化合物濃度於春季新梢抽長前都是增加的，而且主要的是澱粉⁽⁴⁾；越橘(cranberry)枝條中非構造成碳水化合物在十一月中旬進入休眠之過程中達到高峰，但結果枝在休眠中可溶性糖類逐漸減少，相對的澱粉之含量則逐漸增加，至開花前約15日達到高峰，之後則澱粉含量快速減少⁽¹⁰⁾；毛樺(*Betula pubescens*)芽體中澱粉之年中變化，為秋季前逐漸增加，11月以後減少，但到春季則又增加⁽²²⁾。類似上述樹別之枝條中澱粉含量之變化，或在萌芽前不明顯，或出現明顯變化的時間距萌芽期太近，要在萌芽前30日預測萌芽期就不容易。

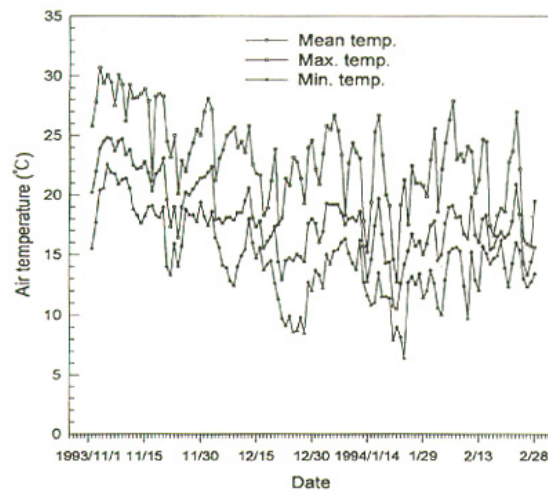
至於重要果樹中，葡萄地上部之樹皮(bark)及木材部(wood)中之非結構性碳水化合物，其含量開始減少的時間在萌芽前1~2週或更短⁽²⁶⁾；蘋果^(5,11,15,20,25)、桃^(7,17,18,25)、櫻桃^(16,23,25)等果樹枝條中澱粉含量在萌芽前的變化，只有櫻桃的模式與橫山梨最相似，櫻桃樹最重要的貯藏性碳水化合物為澱粉，在當年生枝條，澱粉含量於九月中旬達到高峰，一或二年生枝條之樹皮之澱粉含量，在萌芽前約一個月明顯升高，但在木材部則無此升高現象⁽¹⁶⁾。

有關梨樹枝條中澱粉含量之週年變化的研究，除了西洋梨⁽²⁵⁾外，東方梨中研究得較清楚的為種於日本之幸水梨及豐水梨，這二品種在生長季節中的主要貯藏性碳水化合物為澱粉，但其含量於秋季進入休眠前逐漸減少，休眠中水解成葡萄糖而減少含量，春季回復生長前含量漸增，大約在萌芽前15~30日含量達到高峰⁽²¹⁾。橫山梨枝條中碳水化合物含量之研究至今未見諸文獻，本試驗在二個年份的試驗中，均大約在萌芽開始前30日出現澱粉含量高峰值，若能提早採樣，證明在此高峰值出現之前有一增加的過程，則此轉折點應可做為預測萌芽期的根據。

本省的氣候情況，秋季氣溫尚高，12月以後若無寒流來襲，氣溫也不會降到很低，致使

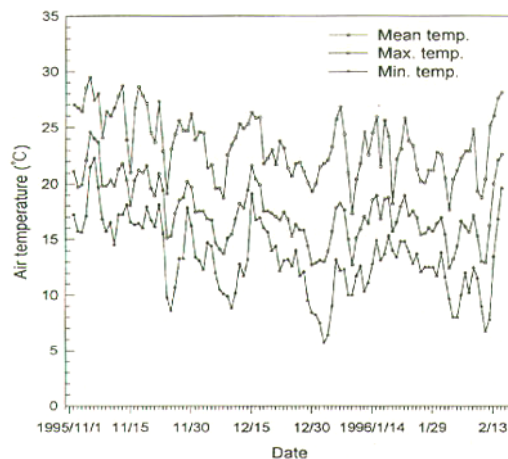
葉片之老化不均，落葉既不整齊又不完全，取樣日期頗難掌握，最後終不得不在沒有完全落葉之情況下採樣。又依往年之記錄，供試橫山梨之萌芽時間應在二月初，但試驗之年份均是冬末及早春氣溫偏高，致使萌芽提早，但又不整齊，導致錯失採樣日期。此外，夏秋之間的颱風及病蟲為害等可能造成葉片受損而影響枝條之充實與澱粉含量，這應從改變樣品來源以克服之。

綜合本試驗之結果與相關文獻之記載，推論以橫山梨枝條中澱粉含量之變化來預測橫山梨之萌芽期是可行的，其中生化定量需在實驗室中進行，農民在執行上有困難，但枝條之比重及澱粉在組織化學上之呈色反應農民有能力自己進行，所以接續的研究重點，應著眼於克服枝條樣品不均的困境，途徑為在氣候較適合橫山梨生長的東勢鎮取樣，並以澱粉含量變化模式相同之根部⁽²⁵⁾為樣品，建立以不同濃度之鹽水來測定枝條比重之方法，及建立更精準、涵蓋更寬範圍、更合適之間距的枝條標準呈色圖，果農以此二項簡易的標準，做為不同時序採樣之田間樣品之比對樣板，就有可能預測高接適期。此外，目前果農在施肥方面有所困惑，尤其是開花前後噴施很多葉面營養劑，澱粉是梨樹之主要貯藏物質，根據澱粉在不同生長時期之含量，也可做為施肥的參考。



附錄一、試驗園於 1993 年 11 月至 1994 年 2 月間之氣溫圖。

Appendix 1. Air temperature at experimental orchard from November in 1993 to February in 1994.



附錄二、試驗園於 1993 年 11 月至 1994 年 2 月間之氣溫圖。

Appendix 2. Air temperature at experimental orchard from November in 1993 to February in 1994.

誌 謝

本試驗承蒙農委會補助經費，廖萬正副研究員提供意見，賴美玲小姐、賴餘玉小姐及張麗妙小姐等人協助試驗之執行，謹致謝忱。

參考文獻

1. 林嘉興 林信山 張榕生 傅阿炳 1979 橫山梨高接溫帶梨試驗研究初步報告 台灣農業 15(1):29~39。
2. 陳美惠 1991 愛玉子瘦果可溶性醣含量及果膠代謝酵素活性之探討 國立中興大學植物學研究所碩士論文。
3. Asano, S. and T. Okuno. 1990. Period of breaking the rest and the quantity of chilling requirement of Kosui and Hosui Japanese pear. Bull. Saitama Hort. Exp. Sta. No. 17:41-46.
4. Bannister, P. 1980. The nonstructural carbohydrate contents of ericaceous shrubs from Scotland and Austria. Acta Oecologia/Oecol. Plant. 1(15):275-292.
5. Chong, C. 1971. Study of the seasonal and daily distribution of sorbitol and related carbohydrates within apple seedlings by analysis of selected tissues and organs. Can. J. Plant Sci. 51:519-525.
6. Couvillon, G. A. 1995. Temperature and stress effects on rest in fruit trees: A review. Acta Hort. 395: 11-19.
7. Dowier, W. M. and F. D. King. 1966. Seasonal changes in starch and soluble sugar content of dormant peach tissues. Pro. Amer. Soc. Hort. Sci. 89:80-84.
8. Erez, A., A. Couvillon and C.H. Hendershott. 1979. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in daily cycle. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(4):536-540.
9. Gaudillere, J. P., A. Moing and F. Carbonne. 1992. Vigour and non-structural carbohydrates in young prune trees. Scientia Hort. 51:197-211.
10. Hagidmitriou, M. and T. R. Roper. 1994. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates in cranberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(5):1029-1033.
11. Hansen, P. and J. Grauslund. 1973. ¹⁴C-studies on apple trees: VII. The seasonal variation and nature of reserves. Physiol. Plant. 28:24-32.
12. Hubbard, N. L., D. M. Pharr and S. C. Huber. 1990. Role of sucrose phosphate synthase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climacteric. Plant Physiol. 94:201-208.
13. Johnston, W. J., H. A. Yusuf, C. F. Konzak and J. D. Maguire. 1986. Tetrazolium chloride test for spring wheat seedling vigor at low temperature. Crop Sci. 26:167-169.
14. Jones, M. G. K., W. H. Outlaw, Jr. and O. H. Lowry. 1977. Enzymic assay of 10⁻⁷ to 10⁻¹⁴ moles of sucrose in plant tissues. Plant Physiol. 60:379-383.

15. Kandiah, S. 1979. Turnover of carbohydrates in relation to growth in apple trees: I. Seasonal variation of growth and carbohydrate partitioning reserves. *Ann. Bot.* 44:175-183.
16. Keller, J. D. and W. H. Loescher. 1989. Nonstructural carbohydrate partitioning in perennial parts of sweet cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(6):969-975.
17. Lasheen, A. M. and C. E. Chaplin. 1977. Seasonal sugar concentration in two peach cultivars differing in cold hardiness. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:171-174.
18. Layne, R. E. C. and G. M. Ward. 1978. Rootstock and seasonal influences on carbohydrate levels and cold hardiness of 'Redhaven' peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:408-413.
19. Lin, H. S. and C. H. Lin. 1992. Enhancement of budbreak of container-grown 'Shinseiki' pear in Taiwan's lowlands by split application of cyanamide. *Gartenbauwissenschaft*, 57(5).S.235-237.
20. Munneek, A. E. 1933. Carbohydrate storage in apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 30:319-321.
21. Rakngan, J., H. Gemma and S. Iwahori. 1996. Phenology and carbohydrate metabolism of Japanese pear trees grown under continuously high temperature. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 65(1):55-65.
22. Rinne, P., H. Tuominen and O. Junttila. 1994. Seasonal changes in bud dormancy in relation to bud morphology, water and starch content, and abscisic acid concentration in adult trees of *Betula pubescens*. *Tree physiol.* 14(6):549-561.
23. Roper, T. R., J. D. Keller, W. H. Loescher and C. R. Rom. 1988. Photosynthesis and carbohydrate partitioning in sweet cherry: fruiting effects. *Physiol. Plant.* 72:42-47.
24. Rufty, T. W. Jr. and S. C. Huber. 1983. Chang in starch formation and activities of sucrose phosphate synthase and cytoplasmic fructose-1,6-diphosphatase in response to source-sink alterations. *Plant Physiol.* 72:474-480.
25. Tukey, H. B. 1942. Time interval between full bloom and fruit maturity for several varieties of apples, pears, peaches and cherries. *Pro. Amer. Soc. Hort. Sci.* 40:133-140.
26. Windler, A. J. and W. O. Williams. 1945. Starch and sugars of *Vitis vinifera*. *Plant Physiol.* 20:412-432.

Using Biochemical and Histochemical Method to Predict the Budbreak Date of Hengshan Pear¹

Hsin-Shan Lin, Jia-Hsing Lin and Lin-Ren Chang²

ABSTRACT

Grafting a chilled floral bud from a high chilling cultivar onto the water shoot of low chilling cultivar grown in the lowlands is a distinguish culture for pear production in central Taiwan's lowland, and it is a profitably big industry. Usually, the optimum period for the grafting practices is in January. However, due to the market demand and the high price of earlier fruits, some growers try to graft as earlier as possible. Most of these earlier grafting practices had bad results because that the stock of Hengshan (*Pyrus serotina* Rehd.) trees did not resume growth thoroughly. In order to solve the problem, this experiment was conducted to create a feasible index of budbreaking one month before. Eight Hengshan pear trees of five-year old grown at Taichung DAIS were sampled through three consecutive years from December in 1993 to March in 1996. The specific gravity, starch content, and dehydrogenase activity of current year shoot were analyzed, and the histochemical observation using iodine/potassium iodide stain was conducted. The results revealed that a peak of specific gravity and starch content were detected around one month before budbreak, and then decreased. From the stain of iodine/potassium iodide, a positive relationship was found between starch content and brown color. The similar trends and the timing of these three parameters indicated that feasible indices can be used to predict the budbreak date. The approach based on the date of appearance of the highest specific gravity and the deepest brown of branch section. In addition, the higher activity of dehydrogenase was detected just one week before budbreak. Which provided a side evidence of budbreaking.

Key words: pear, starch, iodine/potassium iodide, stain, dehydrogenase, specific gravity, predict, budbreak.

¹ Contribution No. 0411 from Taichung DAIS.

² Pomologist, Associate pomologist and Assistant pomologist of Taichung DAIS.