

愛玉雌隱花果發育之生物學研究 ——隱花果、瘦果、果膠酯酶、果 膠及甲氧基之變化

劉哲政 林讚標 黃瑞祥 李茂松

摘 要

自愛玉隱花果之先端微張開一小孔口, 即其內盛開雌花之日起至隱花果成熟花托轉變為紫紅色止計120日之瘦果發育期間, 每隔約15日採隱花果, 測量、分析其各項生化及形態特性變化之基本資料, 亦供為決定適當的採收期的依據。依隱花果發育特徵可分為五個發育期, 各期特性如下:

(一)花托鮮重急增期: 雌花盛開日起至瘦果發育第16日, 花托持續長大, 其鮮重及瘦果含水率均急速增加, 而達到隱花果成熟轉變顏色前花托最大、最重及瘦果含水率最高峰期, 花托最大之長度為8.0公分、徑寬5.1公分、重量為61公克, 瘦果含水率最高為88%。雌花測得有果膠酯酶、果膠及甲氧基存在, 惟其量極微。

(二)瘦果鮮重快增期: 瘦果發育第17日起至第62日止, 此時花托未再增大, 鮮重亦無增加, 僅瘦果發育快速, 其鮮重增至38公克, 為隱花果成熟前瘦果鮮重最重時期。瘦果含水率隨發育時間增加而逐漸降低, 果膠酯酶活性、果膠及甲氧基量則相反, 隨發育時間而大量增加。

(三)瘦果乾物質堆積成熟期: 瘦果發育第63日起至第96日止, 瘦果鮮重未再增加, 乃因瘦果乾物質堆積增加之鮮重為其含水率下降之水分重所抵銷, 其含水率降至最低之66%。瘦果乾重、果膠酯酶、果膠及甲氧基等均隨發育時間增加而遞增至最高峰, 每總花果內瘦果的乾重、果膠酯酶、果膠及甲氧基量依序分別為12.8公克、1548單位、1057毫克及117毫克, 瘦果發育第96日為最適宜採收時間。

(四)花托鮮重再增期: 瘦果發育第97日起至第108日止, 瘦果乾重未再增加, 惟花托鮮重再度開始增加, 隱花果內全部瘦果的果膠酯酶活性開始降低。

(五)隱花果紅熟期: 瘦果發育第109日起至第120日止, 瘦果含水率再度急增, 鮮重亦劇增, 瘦果外果皮含之果膠呈黏膠狀, 乾燥不易, 貯藏容易發霉, 花托顏色逐漸轉變為紅紫並裂開為2-4裂, 果膠酯酶活性, 果膠及甲氧基量均降低。

關鍵詞: 愛玉、隱花果、瘦果、果膠酯酶、果膠、甲氧基、發育生物學。

劉哲政、林讚標、黃瑞祥、李茂松, 1990, 愛玉雌隱花果發育之生物學研究——隱花果、瘦果、果膠酯酶、甲膠及甲氧基之變化。林業試驗所研究報告季刊, 5(3):209-216.

Developmental Biology of Female Syconium of
Ficus Awkeotsang Makino—Changes in the quantities of
pectinmethylesterase, pectin, methoxyl group and achene.

Chih-Chen Liu, Tsan-Piao Lin, Ruey-Shyang Huang and Maw-Song Lee

79年5月送審

79年9月通過

[Summary]

Since the opening of a tiny hole at one end of the female syconium of jelly-fig, blossom starts inside the syconium. The whole developmental process, up to the mature of the syconium takes a total of 120 days. For every 15 days, the syconia were collected and different growth parameters and biochemical characters were measured. Basically the development of syconium could be divided into five stages as follows:

- (1) Rapid increment of syconium fresh weight. This is happened in the first 16 days since blossom. The fresh weight of syconium increased quickly as well as the increase of the moisture content of achenes. The maximum size of syconium reached at this stage has a measure of 8.0cm in length and 5.1cm in diameter, and has a weight of 61g. The moisture content of the achenes reached 88%. However pectinmethylesterase activity, pectin and methoxyl groups were barely detectable.
- (2) Rapid increment of achenes fresh weight. In this stage syconium increased neither fresh weight nor size, while the achenes increased the weight up to 38g per syconium and reached the maximum weight. The moisture content of achenes decreased as the time went. On the other hand, pectinmethylesterase activity, pectin and methoxyl group all increased with time.
- (3) Dry matter increment of achenes. From 63 DAA(days after anthesis) to 96 DAA, the fresh weight of achenes remained balanced between the decreasing water content and accumulating of dry matter. At this stage the moisture content down to 66% and was the lowest value since blossom. The dry weight of achenes, pectinmethylesterase activity, pectin and methoxyl group per syconium all increased to the plateau; they were 12.8g, 1548 units, 1.06g and 117mg respectively. This is the optimal time for harvesting the fruits.
- (4) The second increment of the fresh weight of syconium. From 97 DAA to 108 DAA, the dry weight of achenes kept constant, while the fresh weight increased again. At the same period, pectinmethylesterase activity per syconium decreased.
- (5) Maturation of syconium. From 109 DAA to 120 DAA, both of the moisture content and fresh weight of achenes increased dramatically, pericarp of achenes became sticky. Outer surface of syconium turned to red-purple in color, and dehisced longitudinally into 2-4 parts. All the biochemical characters, i.e., pectinmethylesterase activity, pectin and methoxyl group content reduced quickly.

Key words: *Ficus awkeotsang* Makino, syconium, achenes, pectinmethylesterase activity, pectin, methoxyl group, developmental biology.

Chih-Chen Liu, Tsan-Piao Lin, Ruey-Shyang Huang and Maw-Song Lee 1990. Developmental biology of female syconium of *Ficus awkeotsang* Makino—changes in the quantities of pectinmethylesterase, pectin, methoxyl group and achene. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series, 5(3):209-216.

一、緒 言

愛玉(*Ficus awkeotsang* Makino)雌隱花果內的瘦果揉洗凝結之愛玉凍，為供調製愛玉冰冷飲之主要原料。其揉洗液能結膠的原因，乃瘦果

中含有果膠及果膠酯酶，其溶於水中之高甲氧性果膠受果膠酯酶作用，行脫甲基成為低甲氧性果膠，再與雙價陽離子如Ca²⁺等相交聯成為巨大分子的低甲氧性果膠鈣鹽，得不需加糖或酸而凝膠(黃永傳等1980)。因此愛玉瘦果的品質的良窳就由

其含的果膠酶活性及果膠量的高低所決定，而不同單株愛玉的瘦果含的果膠酶活性差異大(胡大維等1986)，故推廣栽培用苗，須選優良單株之營養器官材料進行扦插繁殖(劉哲政等1989)。

果膠酶不只用於製愛玉凍，大量的用途是食品及釀酒工業上，在製造過程中加入果膠酶，能澄清果汁及酒類不易沉澱之物質，增加商品之價值(白壽雄1989)。愛玉之果膠酶抽取與純化簡易(Lin et al. 1989, 黃永傳等1984)，惟愛玉瘦果產量有限，應用現代生物科技由微生物體系來大量生產果膠酶，前景可期，則瘦果在發育過程中各項生化特性之測量分析是必須及早建立的基本資料。

各種植物適當採果時期不一，像荔枝最好之品質應在著色達50-75%時採收(方祖達、黃永傳1970)，仙草以可溶性無氮物及乾物質含量作為採收指標，而應於移植後180天為最佳採收時間，不需待至植株花蕾形成期(胡敏夫、林禮輝1986)。愛玉果採收期依照農民慣行法，是在母株上有數個果實之花托顏色轉變為紫紅色時，採收尚為黃綠色花托之隱花果，惟此採收時間是否正確，實有必要探討，本研究即在隱花果發育期間，每隔一定日期採果，分析測量隱花果鮮重、瘦果鮮重及乾重、果膠酶活性、果膠及甲氧基量等資料，以供決定採收時間之依據。

二、材料與方法

(一)材料：愛玉果實採自嘉義縣梅山鄉太和村葉笛農氏栽培三標同一營養系十一年生母株，該地東經120°，北緯23°，海拔1100公尺。採隱花果時間為民國78年6月16日、7月2日、7月17日、8月2日、8月17日、9月2日、9月20日、10月2日及10月14日等計九次採果時間，為自雌花(圖1)授粉至成熟轉變為紫紅色之花托(圖3)，共達120天之發育生長時間，以株為重複，三株即三重複，每一採果時間每株各採三個隱花果供試。

(二)隱花果及瘦果鮮重秤量：當日採之隱花果攤回實驗室秤重後剖開，以小湯匙挖出瘦果，並即用電子天秤秤其鮮重，以公克為單位。

(三)瘦果乾燥及其重量：鮮瘦果自果實內取出後即攤開置於約25℃室溫內24小時後熟，再置於溫度30℃，相對濕度35%之乾燥箱內乾練一日，取出後以電子天秤秤其乾重，再裝於封口塑膠袋，置於5℃冷藏庫內備用。

(四)瘦果含水率計算：瘦果鮮重減瘦果乾重後除

以瘦果鮮重再乘以100即得瘦果含水率。

(五)果膠酶之萃取及活性測定：各發育期之瘦果各取1克，浸在20倍量的4% NaCl溶液，再置於30℃恆溫箱中24小時(設置之初三小時，每隔一小時予攪拌混合)，過濾得含果膠酶(PME)溶液。果膠酶活性測定是以Sigma牌之糖子果膠粉(含75% galacturonic acid, 7.25% methoxyl group)之1%溶液做為基質液含0.2M NaCl，作用溫度以循環水浴器控制於37℃，活性測定時取7ml的基質果膠液加入雙層燒杯，再置於自動滴定儀(Metrohm Herisau)上如圖4，預先以NaOH調節基質果膠液之pH達7.0，旋即加入定量的自瘦果萃取之果膠酶溶液於基質果膠液中，以啟動酵素反應。果膠受果膠酶作用釋放出氫離子，自動滴定儀會自動加入0.01N NaOH以保持反應液於pH7.0，由反應進行10分鐘所消耗的0.01N NaOH體積計算其PME的活性，PME活性一單位(1 unit)之定義乃是37℃下每分鐘釋放1 μmole 氫離子所需PME的量。

(六)果膠的抽取及測定：依傅林讚標等(1989)修改Yamaok & Chiba(1983)之方法抽取測定，方法為：取0.2g的瘦果置入30ml 50M HCl(pH2.0)煮沸30分鐘，過濾此液保存，濾存之瘦果重新懸浮於0.5% EDTA30ml，再煮沸30分鐘，過濾，二次過濾液合而為一(體積約20~30ml)，取10ml混合液與40ml 95% ethanol混合，使果膠沉澱出來，沉澱之果膠再以95% ethanol清洗二次，以除去顏色，得之果膠再溶於10ml蒸餾水，此果膠液用於galacturonic acid與甲氧基(methoxyl)含量之決定。為校正煮沸瘦果及酒精沉澱果膠導致果膠物質損耗的誤差，同時準備三種溶液：(1)柑橘果膠粉溶於30ml蒸餾水。(2)柑橘果膠粉溶於30ml 50mM HCl。(3)同(2)溶液煮30分鐘過濾。果膠的定量：定量方法採用Carbazole試劑法(McComb & McCready 1952)，分別取愛玉瘦果及柑橘果膠粉抽取之果膠液1ml各與4ml 50mM NaOH混合，置室溫30分鐘(皂化去脂)。同時另準備3ml H₂SO₄置於試管中，放於水浴槽中冷卻至3℃，然後各加入0.5ml去脂的果膠液及配製的10~60ug的galacturonic acid(Sigma chem. Co.)，檢緊瓶蓋並充分混合，將試管置入冰浴槽令其溫度降至5℃下。試管旋置於沸水中加熱10分鐘，待試管冷卻到20℃，再加入0.25ml之0.15% Carbazole試劑，充分混合靜置室溫下25分鐘，以光電比色計(Spectrophotometer)波長520 nm 測讀各試管的讀數，由配製的galacturonic acid讀

數得到標準曲線，推算供試樣品中 galacturonic acid 的量。

果膠含量 = (galacturonic acid(mg) × 0.83 ÷ 校正係數¹) + (μ mole 甲氧基 × (-OMe 分子量 - OH 分子量) ÷ 校正係數²)

(七) 甲氧基的測定：依據林讚標等(1989)測定方法：分別取0.25ml至0.50ml的愛玉及柑橘果膠酯酶(Sigma Chemical Co.)，加入之果膠酯酶單位在2-5units之間，當果膠酯酶加入後，自動滴定儀即開始滴定中和基質液中果膠釋放之甲氧基，滴定時間約需15分鐘。記錄用去0.01N NaOH的容積，以之計算甲氧基的量。

甲氧基量 = 0.01N NaOH 容積 × 0.01N × (-OCH₃) / 校正係數

校正係數為甲氧基在果膠準備過程中所消耗之量之補正。

三、結果與討論

測量、分析各發育期隱花果的各項生化形態特性探討如下：

(一) 隱花果、瘦果與花托的發育及顏色的轉變：

可分辨出愛玉花序芽及葉芽的時間，約在短果枝新梢頂芽萌發生長後20-30日，該時新枝條生長3-6片新葉，葉片在顏色由萌發嫩芽時之鮮紅色轉變為草綠色，花序芽著生在自頂芽處起算之第三或第四片葉之葉腋。施能毅(1988)調查愛玉一年中有二個主要花序芽萌發生長時間，即在初夏(四月下旬至五月下旬)及秋季(九月間)，本試驗採果母株十一年生，每年亦有二個主要花序芽形成時間，惟秋季萌生之花序芽，因母株仍著生果實或其他原因，大部份的花序芽不能繼續生長發育，而呈休眠狀態過冬，其芽體未掉落者，於翌年初夏與新生花序芽同時發育生長。花序芽逐漸膨大，形成中空囊狀內有雌花之花托，當花托先端微張開一約0.05cm大小之孔口，此時為雌花盛開待寄生蜂進入傳授花粉之特殊現象，雌花之花被鮮紅色。供試隱花果在6月16日開雌花，授粉後雌花發育生長為瘦果，隱花果得以繼續生長，如未授粉者，雌花未能發育即枯萎，該隱花果由有光澤的黃綠色轉變為紅色，終而落果。

雌花授粉後，隱花果鮮重的增加受組成分子

表 1 愛玉隱花果發育期間各特性變化表

瘦果發育日數(日)	隱花果鮮重(g)	瘦果鮮重(g)	花托鮮重(g)	花托長×花托寬(cm)
0(開雌花)	44.5d	2.3e	42.2	7.0×4.2
16	78.1c	17.1d	61.0	8.0×5.1
31	82.7c	25.9cd	56.8	7.9×5.1
47	96.0bc	30.3bc	65.7	8.3×5.3
62	92.1bc	37.9ab	54.2	8.0×5.3
78	93.2bc	37.8ab	55.4	8.3×5.3
96	94.0bc	37.6ab	56.4	8.0×5.2
108	102.8ab	37.1ab	65.7	8.2×5.4
120	121.7a	49.2a	72.5	花托紫紅色裂開2-4片
F值	25.6726**	29.3520**		

註：**表示極顯著差異

Duncan's 測驗1%顯著平準下，英文字母不相同者具極顯著差異，相同者則無顯著差異。

1. 此係數旨在補正果膠在二次煮沸過程中果膠損失量

2. 此係數旨在補正果膠在二次煮沸過程中甲氧基損失量

的瘦果及花托之發育影響，依據表一及圖 5、6、7、8 發育變化資料，為敘述方便，將隱花果生長分為五個發育期：

1. 第一期花托鮮重急增期：雌花盛開日起到瘦果發育第 16 日止。這個時期最大特徵為花托鮮重急速增加，並達到成熟前的最高峰，主要特點可歸結如次：①花托持續長大，由開花時之花托長度 7.0 公分增達 8.0 公分，花托徑由 4.2 公分增到 5.1 公分，花托重由 42.2 公克增至 61.0 公克，其顏色為黃綠色且顯現有光澤。②瘦果鮮重亦由原來雌花重之 2.3 公克增至 17.1 公克，顏色乳白，含水率由雌花含之 84% 增到 88% 之最高含水率時期。因為上述二項因素使得隱花果鮮重由 44.5 公克劇增至 78.1 公克。

2. 第二期瘦果鮮重快增期：瘦果發育第 17 日起至第 62 日止，此時期花托無明顯長大，其鮮重亦無增加，僅瘦果快速生長發育，其鮮重增達 38 公克，但隱花果的鮮重僅 92 公克，此重量增加趨緩。花托的顏色隨發育時間逐漸加深為綠色，並漸失光澤，瘦果的顏色亦逐漸轉變為乳黃色，其含水率隨發育時間愈久而逐漸下降。

3. 第三期瘦果乾物質堆積成熟期：瘦果發育第 63 日起到第 96 日止，瘦果鮮重未再增加，但乾重仍隨發育時間呈繼續增加趨勢，終而到達瘦果乾重 12.8 公克之最高峰重量，由於瘦果繼續生長堆積乾物質，但何以未見鮮重增加？係受含水率降低，減少水分重致抵銷部份鮮重之故。瘦果顏色轉變呈金黃色，花托變為黃綠色無光澤，此時之隱花果(圖 2)鮮重已達最重 94 公克達可採收之成熟期，簡稱綠熟期，此期最大特徵為瘦果含水率下降到最低點 66%，瘦果乾物質增到最高點，而可做為採收期之指標。

4. 第四期花托鮮重再增期：瘦果發育第 97 日起到第 108 日止，瘦果仍為金黃色，其鮮重、乾重均未再增加，僅花托鮮重開始增加，花托顏色仍呈黃綠色，但已顯漏隱花果即將步入過度成熟轉變顏色之隙。

5. 第五期隱花果紅熟期：瘦果發育第 109 日起至第 120 日止，瘦果含水率急增，鮮重因劇增，瘦果外果皮含之果膠呈黏膠狀，乾燥不易，容易發霉，乾燥後多數皮脫落，呈圓塊狀，用手將之剝開，瘦果外果皮脫離，顯漏出乳白色種子。花托鮮重亦劇增，顏色變紫紅，裂開為 2-4 裂，隱花果鮮重因而劇增。

(二) 果膠酯酶活性變化：

愛玉瘦果之果膠酯酶為促使果膠凝結成凍的

重要物質，有 98% 的果膠酯酶存在於瘦果的外果皮(pericarp)部位，種子才僅有 2%，而位在外果皮的果膠酯酶要經由後熟處理，才能誘發產生，如隱花果剝開挖出之瘦果，立即浸入 4% NaCl 溶液萃取，所得果膠酯酶極少，空氣和水是後熟誘導產生果膠酯酶的重要條件(Lin et al 1989)，這是本試驗進行時研討究竟是新鮮果或乾瘦果來萃取果膠酯酶時所發現的。

隱花果內盛開的雌花，挖出經後熟處理乾燥後，測得有果膠酯酶存在，惟其活性之單位極低，每克雌花才僅 2.5 單位，一個隱花果內的全部雌花只有 0.4 公克，果膠酯酶活性才只有 1 單位，雌花發育為瘦果，隨其發育時間愈久，果膠酯酶活性的單位數也愈高，在第一期花托鮮重急增期，瘦果每公克或一個隱花果的全部瘦果的果膠酯酶活性的單位數均開始增加，到第二期瘦果鮮重快增期時，果膠酯酶活性的單位數急速增多，而於第三期瘦果乾物質堆積成熟期時，果膠酯酶活性的單位數增加到最高峰，亦即瘦果發育第 96 日，瘦果的果膠酯酶活性的單位數最高，每克瘦果有 122 單位，一個隱花果的瘦果共有 1548 單位，逾此時採收隱花果，瘦果的果膠酯酶活性開始降低，愈遲採收，其活性降低也愈多，在花托鮮重再增期時，瘦果的果膠酯酶活性已減低，每克乾瘦果僅 101 單位，一個隱花果的瘦果僅 1279 單位，達到隱花果紅熟期時採收，果膠酯酶活性的單位更低，每克瘦果之果膠酯酶活性才僅 96 單位，一個隱花果的全部瘦果的果膠酯酶活性降至 1200 單位。就各發育期一個隱花果的全部瘦果的果膠酯酶活性單位進行統計分析呈極顯著差異。再經 Duncan's 氏新多變域測驗結果，發育 96 日之隱花果的瘦果的果膠酯酶活性單位最高，與其他發育期者比較具極顯著差異，其次為發育第 78 日、第 108 日者，其餘各發育時間的隱花果的瘦果的果膠酯酶活性的單位均較低，該時期不宜採收。

(三) 果膠與甲氧基之變化：

果膠是愛玉瘦果外果皮的重要產物，瘦果含果膠量愈多，其可溶解為一定濃度之果膠溶液所需添加之冷開水呈亦愈多，亦即製冰量愈多。甲氧基之多少會影響果膠之結膠能力，高甲氧基果膠結膠迅速(Fogarty & Kelly 1983)。

愛玉雌花亦可抽取得到果膠及測得甲氧基，每克雌花含有 140 毫克的果膠及 15 毫克的甲氧基，一個隱花果只有 0.4 克雌花，計有 52 毫克的果膠及 5.5 毫克的甲氧基，瘦果發育第 31 日每克瘦果所含果膠 157 毫克及甲氧基 67 毫克，為每克瘦果含

果膠及甲氧基最高時期，自此時間以後，每克瘦果含果膠及甲氧基量逐漸減少，乃瘦果內堆積乾物質量之增加較外果皮含之果膠及甲氧基量之增加迅速。自一個隱花果的瘦果含之果膠及甲氧基量言，係隨發育日數增加而遞增，在花托鮮重急增期及瘦果鮮重快增期時，其果膠及甲氧基量之增加迅速，瘦果乾物質堆積成熟期時，果膠及甲氧基量之增加趨緩而到達果實紅熟前之最高峰時期，隱花果紅熟期時，隱花果的全部瘦果含之果膠及甲氧基量已減低。上述各發育時間的一個隱花果的全部瘦果所含之果膠及甲氧基量分別進行統計分析，F值呈極顯著差異，亦即瘦果發育第78日-108日時，每個隱花果含之果膠量在1000毫克以上，甲氧基量亦超過100毫克以上之最高時期。

四、結論

愛玉隱花果自雌花盛開日起至其花托顏色變為紫紅色裂開止計120日，雌花授粉後長成瘦果，在瘦果發育期間，其形態、生化特性變化為：

1. 瘦果發育第16日，花托發育已達到隱花果成熟變紫紅色前花托最大(8.0×5.1公分)、最重(61公克)之高峰期，此後花托大小(即隱花果大小)再無顯著增大。
2. 瘦果含水率也在瘦果發育至第16日時最高為

88%，以後隨發育時間增加而含水率降低，到瘦果發育第96日其含水率降至最低之66%。

3. 瘦果發育第62日時瘦果鮮重(38公克)最高，發育第96日瘦果乾重(12.8公克)最重，在瘦果乾重增加期間，瘦果鮮重不再增加之原因，乃瘦果乾物質堆積增加時，所增加之重恰為含水率降低量所抵銷。
4. 瘦果隨發育期間之增加，隱花果所含之果膠酯酶活性愈強，果膠及甲氧基量愈增，而在發育第96日三者均達到最高，依序為1548單位、1057毫克及117毫克，為最適宜的採果時機，如此時不採收，則果膠酯酶活性開始降低，果膠及甲氧基量也漸減少，而且瘦果水分增加漸呈黏膠狀，不易乾燥，貯藏時也容易發霉。

農民採愛玉果時間之決定，習慣於視母株上有多少果實轉變為紫紅色之時，然而變色之果，其瘦果的乾重、果膠酯酶活性、果膠及甲氧基量均減少，但是初裁者對於辨識黃綠色成熟之隱花果，確甚困難，因此初期數年可按習慣方法，惟應注意隱花果之色澤轉變及記錄日期，以後除非氣候異常，否則每年於該時必會紅熟，而得能預期於隱花果即將變紫紅時間前10-15日確定為黃綠色成熟的採收期，收穫得高品質、重量多的瘦果。

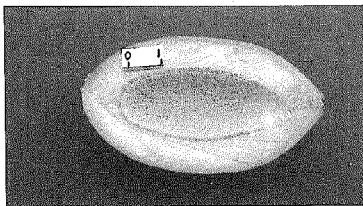


圖1. 愛玉雌花盛開於隱頭花序之花托內。

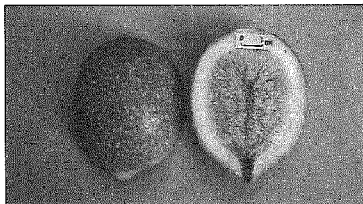


圖2. 適度成熟之愛玉雌隱花果

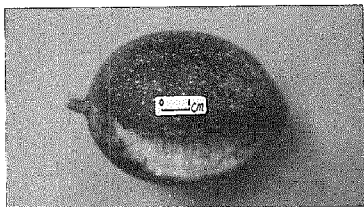


圖3. 愛玉雌隱花果成熟後花托轉變為紫紅色並裂開



圖4. 愛玉瘦果果膠酶活性測定之自動滴定儀及控制水溫之循環水浴器。

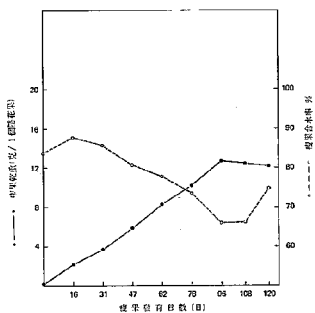


圖5. 愛玉瘦果發育期間瘦果乾重及含水率變化

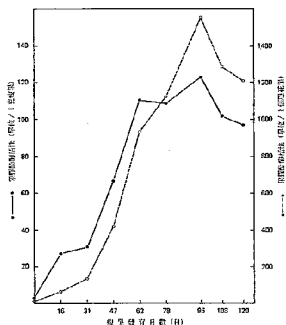


圖6. 瘦果發育期間瘦果果膠酶活性變化

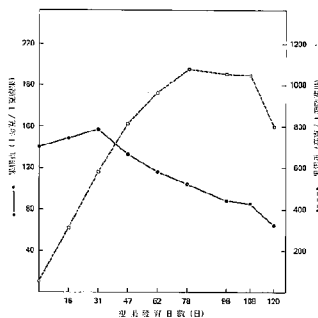


圖7. 瘦果發育期間瘦果之果膠含量變化

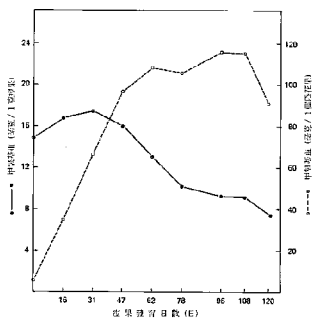


圖8. 瘦果發育期間瘦果之甲氧基含量變化

引用文獻

- 方雅達、黃永傳 1970 荔枝採收成熟度之研究中園藝 16(5):27-33.
- 白壽雄 1989 愛玉子之故事 臺灣林業 15(7):22-33.
- 林讚標、劉哲政、楊居源、黃瑞祥、李永生、張森永 1990 愛玉與辟蕪隱花果形態與共生化特性比較 臺灣省林業試驗所研究報告季刊 5(1):37-43
- 胡大維、劉哲政、何政坤 1986 愛玉雌隱花果天然變異之研究 臺灣省林業試驗所研究報告 1(2):139-153.
- 胡敏夫、林禮輝 1986 仙草不同生長期之主成份含量分析 中華農業研究 35(2):180-185.
- 施能毅 1988 愛玉子生殖週期之初步觀察 臺大實驗林研究報告 2(2):63-66.
- 黃永傳、陳文彬、邵雲屏 1980 愛玉凍凝膠機構之研究 中國園藝 26(4):117-126.
- 黃永傳、劉哲政 1984 愛玉瘦果中果膠酯酶之抽取條件及活性測定方法之釐定 臺灣省林業試驗所報告第428號1-11.

- 劉哲政、黃瑞祥、胡大維 1989 愛玉帶葉枝無性繁殖 臺灣省林業試驗所研究報告季刊 4(2):71-76.
- Fogarty, W. M. and C. T. Kelly. 1983. Pectic Enzymes in "Microbial Enzymes and Biotechnology," ed. W. M. Fogarty Applied Science Publishers.
- Lin T. P. and C.C. Liu and S. W. Chen and W.Y.Wang. 1989. Purification and characterization of pectinmethylesterase from *Ficus awkeotsang* Makino achenes. *Plant Physiol.* 91:1445-1453.
- Lin T.P. and C.C.Liu and R.S. Huang and W.Y.Wang and T.Y.Feng. 1990. Induction of pectinmethylesterase in the pericarp of achenes of *Ficus awkeotsang* Makino. *Plant Cell Physiol.* 31(4):533-537
- Yamaok T.and N. Chiba. 1983. Changed in the cogulating ability of pectin during the growth of soybean hypocotyls. *Plant Cell Physiol.* 24(7):1281-1290.