

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080206

當果膠遇見牛奶

學校名稱：宜蘭縣宜蘭市光復國民小學

作者： 小六 林聖博 小五 劉康叡 小五 陳湘穎 小五 游耘亦 小五 林宸希	指導老師： 何佩穎
---	--------------

關鍵詞：黏著度、減緩水果熟成、果膠牛奶

摘要

文旦柚皮果膠量、稠度(Consistency)、保濕度、減緩水果熟成為五種果皮最優。柚膠加砂糖可提升各項效果，50ml 柚膠加 20g 糖保濕度最好、減緩水果熟成為不塗膠的 1/6，50ml 柚膠加 10 g 糖在高溫 70°C 烘 30 分鐘時糖度為 33(Brix)黏著度最大，接近市售膠水。果膠可提升土壤的肥沃度、保肥度、保濕度、含水量。設計三種施肥法以粉(奶)水法適合植物生長，相較澆水生長率，生長最優的最佳比例:①粉水法 0.8g/50ml 淺根綠豆苗莖高度長高約 6.3%、重量多重約 5.5%，深根小白菜葉長快速度約 2.3 倍。②粉奶法 5%5ml 淺根綠豆苗莖高度長高約 20.7%、重量多重約 26.3%，深根小白菜葉長快速度約 4.6 倍。種子以 5%5ml 埋奶膠法發芽最快速，發芽後以 5%5ml 粉奶法可縮短收成期。本研究結果值得推廣。

壹、研究動機

學校營養午餐一天的水果皮量相當驚人，直接丟棄徒增垃圾量也覺得浪費，果皮的再利用引起我們的興趣，查詢資料得知果皮含有果膠，電視廣告甚至有賣果膠的保健食品，更引起我們想揭開果膠秘密的動力，我們試著想把果皮變黃金，將果膠做其他用途，如環保膠水、減緩水果熟成(隔絕氧化)、果膠施肥和果膠加過期牛奶當天然肥料的可能性。

貳、研究目的

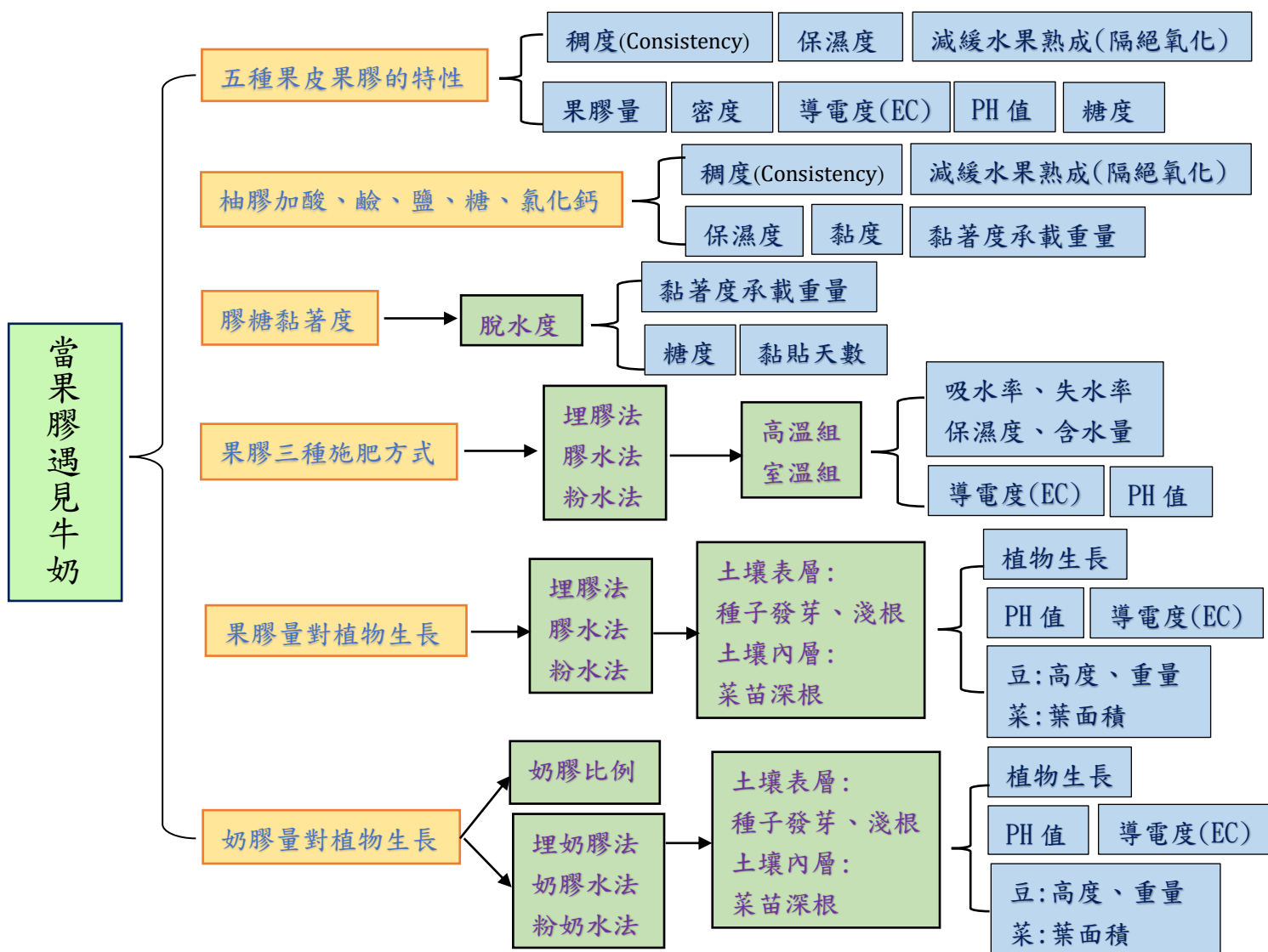
- 一、五種常見果皮果膠在稠度、保溼度、膠量、減緩水果熟成(隔絕氧化)何者最優。
- 二、果膠加酸.鹼.鹽.糖.鈣之混合液提升保溼度、稠度、減緩水果熟成的可能性。
- 三、柚膠加糖的最佳混合比例，在製作環保膠水的最大黏著性、減緩水果熟成的最佳效果與高保溼度的可能性。
- 四、果膠量與施肥方式對高溫與室溫的土壤保溼效果。
- 五、果膠量與施肥方式對植物生長的影響。
- 六、奶膠比例與施肥方式對植物生長的影響。

參、研究設備與器材

新鮮果皮(文旦柚皮、橘子皮、香蕉皮、百香果皮、柳丁皮)、食鹽、二號砂糖、小蘇打粉、檸檬汁、氯化鈣、綠豆、小白菜苗、95%酒精、分液漏斗、PH 測試器、導電度(EC)測試器、糖

度計、水果烘乾機、蒸餾水、電子秤、新開封針筒、碼錶、化妝棉、紗布、鹵素燈、有機土壤、過期奶粉、單眼相機、翻拍架、定滑輪、砝碼、電腦軟體 image J、市售膠水、水彩筆、70 磅 A4 紙、圓柱體容器(直徑 2.5 cm×高 6 cm)、塑膠材質長方體(1cm×1cm×10cm)

肆、研究架構及流程



伍、研究過程與方法

一、文獻探討

1. 果膠(Pectin)存在何處

果膠 (pectin) 是一種高分子量的多醣，含有部分甲酯化的聚半乳糖醛酸。果膠物質是植物細胞壁成分之一，存在於相鄰細胞壁間的胞間層中，起著將細胞黏在一起的作用。天然水果(皮)都含有果膠質，果膠是水果細胞內重要成分。

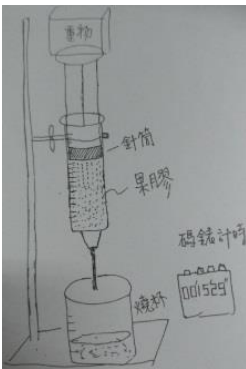


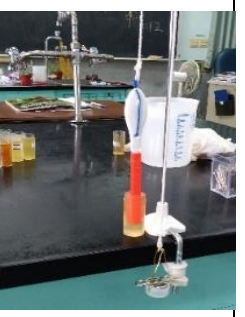
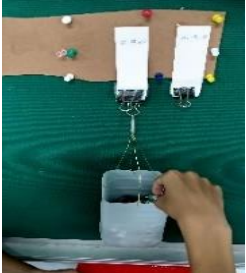
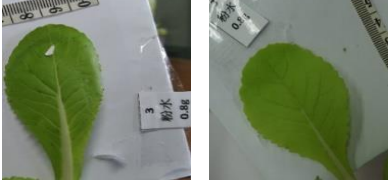
2.萃取果膠方法

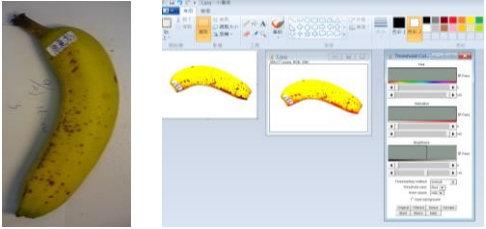



出處「全國高職學生 103 年度專題暨創意競賽-農業群-植體廢棄物的膠傲－植物體廢棄物萃取果膠之研究」，煮沸法 30 分鐘，濾出汁液，以 95%酒精析出果膠(本研究採用此方法)。商業生產果膠是通過溫和酸從柑橘皮和蘋果渣提取而成，經酒精沉澱，乾燥研磨等加工。

3.導電度(Electrical conductivity, EC)與肥料肥沃度(鈣、鎂、鈉、鉀)的關係

出處「臺南區農業專訊 88 期 2014 年 06 月-農業灌溉水之認識與管理應用期刊」，可溶性鹽類，如鈣、鎂、鈉、鉀等陽離子及碳酸根、硫酸根、氯離子等陰離子，因水中的無機鹽類和水的電導度之間有密切的正相關，因此電導度之檢測值可視為水中陰陽離子的總電導度和。

二、測量方法

<p>方法一： 稠度 (Consistency)</p>			<p>以全新開封針筒直徑 1.5cm、10ml 的容量，裝滿 10ml 的不同果皮果膠，在針筒活塞上方放置重量 290g 的砝碼，計時活塞從刻度 10ml 到 0ml 所測量的秒數，測量不同果皮果膠的稠度 (Consistency)。</p>
<p>方法二:黏度</p>			<p>固定架固定定滑輪，一端繩綁住塑膠材質長方體柱(1cm×1cm×10cm)沒入 10 個大小相同的果膠混合液圓柱體中心接觸到底部，另一端繩綁住 U 型容器慢慢加入迴紋針數量，測量長方體柱被往上拉的瞬間，迴紋針與 U 型容器的總重，測量黏度。</p>
<p>方法三： 黏著度承載重量</p>		<p>以水彩筆沾混合液塗抹在長寬一樣的長條紙上端約 2cm×3.5 cm 的面積，填貼於紙箱板上，釘牢於公佈欄上靜置 3 天至混合液全乾，長方形紙張下方以燕尾夾夾住紙張並以膠帶黏貼夾子與紙張接縫處加強固定，下方掛 U 型容器慢慢加入砝碼至紙張上端完全從紙板上脫落，測量 U 型容器總重量為黏著度承載重量。</p>	
<p>方法四： 葉面積 生長率: (後測面積-前測面積)/前測面積</p>	 <p>前測面積: 1365.915(mm²) 後測面積: 1909.903(mm²)</p>	<p>Image J 像素分析，是提供一個可以將圖像(不規則圖形、色塊面積)定量的軟體</p> <p>小白菜一葉，放公分尺拍前照，生長 2 週，施肥 2 次，同一葉拍後照，以電腦影像軟體 Image J 測量出葉的前、後測面積。</p>	

方法五: 香蕉熟成度	 <p>全部:23495 相素 / 黑色:1070 相素 比例:0.04554</p>	同一串未成熟全綠香蕉的表皮，拍未塗抹前照，以水彩筆沾不同果膠塗抹整根香蕉表皮，靜置於陰涼處數小時後，拍塗抹後照，以電腦影像軟體 Image J 使用 HSB 法，依香蕉黑點的色澤(深色:黑色系、咖啡色、褐色)以達最完整的取樣。測量出香蕉黑點所佔的百分比。
方法六:導電度 (Electrical conductivity, EC)測試器 	方法七:PH 值測試器 	方法八:0~90(Brix)糖度計 
方法九:密度	以直徑 1.5cm、10ml 的容量針筒吸取體積 10ml 果膠，秤重後扣除空針筒重，密度=重量/體積，計算果膠的密度。	
方法十:保濕度	化妝棉加 10ml 的水，表層覆蓋一層紗布，紗布上層塗抹厚度相同的不同果膠，測量前重量，靜置於陰涼處數小時，測量後重量，計算含水量。	
方法十一: 失水率 吸水率	失水率=(昨日加水後重-今天乾重)/昨日加水後重。 吸水率=(每日加水後重-每日乾重)/每日乾重。	

三、各溶液的導電度(EC)、PH值

	自來水	柚膠	粉水 0.2g/50ml	粉水 0.4g/50ml	粉水 0.6g/50ml	粉水 0.8g/50ml	柚膠水 5m/50ml	柚膠水 10ml/50ml	柚膠水 20ml/50ml	柚膠水 30ml/50ml	
EC	176	330	360	507	646	800	281	350	417	440	
PH	7.32	4.83	6.85	6.68	6.16	5.47	6.99	6.89	5.36	5.05	
	發酵 牛奶	奶膠 5%	奶膠 10%	奶膠 15%	奶膠 20%	奶膠 25%	粉奶 5%	粉奶 10%	粉奶 15%	粉奶 20%	粉奶 25%
EC	7523	644	867	978	1116	1272	1736	2208	2772	3210	3820
PH	5.65	4.93	4.91	4.92	4.91	4.99	3.78	3.86	3.95	4.00	4.17







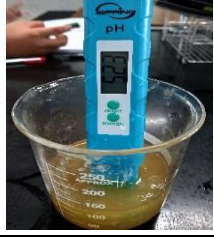

研究一: 不同水果皮的果膠特性?

(一)實驗目的:從五種常見水果皮果膠中，找出何種果皮果膠在各項測量達最優

(二)實驗步驟

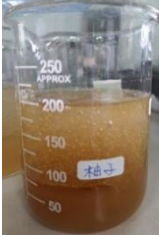






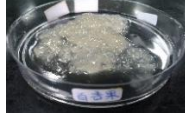
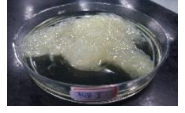
- 1.將新鮮水果皮切小方塊，果皮重:水量比例 1:4 鍋加蓋，溫度 100°C 煮沸 30 分，取出果皮汁液，果皮再以紗布擠乾，汁量 :95%酒精比例 1:1，靜置 10 分鐘以分液漏斗萃取出果膠。
- 2.各果皮果膠靜置至完全出水，見測量方法六、七、八，測量 PH 值、糖度、導電度(EC)。
- 3.見測量方法九，測量密度。見測量方法一，測量稠度。見測量方法十，測量保濕度。

4.見測量方法五，靜置陰涼處至香蕉皮變黃且長黑點，測量減緩香蕉熟成(隔絕氧化)。

			
新鮮水果皮切塊	文旦柚皮切塊	取煮沸後果皮汁液	上層為果膠
			
分液漏斗分離果膠	五種果皮果膠	測量果膠 PH 值	測量稠度(Consistency)

(三)實驗記錄

實驗 1-1:五種果皮果膠的果膠量、PH 值、糖度、密度、導電度

果皮種類	文旦柚皮	橘子	百香果	柳丁	香蕉
					
					果膠量太少， <10ml，不結塊，呈水狀
結塊程度	結大團像果凍++++	結大塊+++	結小粒+	結小塊++	不結塊，水狀
顏色	暗橘色	黃色	透明淡白色	淡黃色	淡褐色
果膠量	42.5/100 =42.5%	50/100 =50%	35/100 =35%	25/100 =25%	5/100 =5%
PH 值	4.83	5.11	6.29	5.67	6.98
糖度(Brix)	16	16	17	18	16.5
密度 (g/cm ³)	(16-6.5)/10 =0.95	(15.7-6.5)/10 =0.92	(15.7-6.5)/10 =0.92	(15.8-6.5)/10 =0.93	膠量太少，無法測得
導電度(EC)	330μs/cm	288μs/cm	516μs/cm	258μs/cm	

《實驗結果》

1. PH 值: 柚膠(4.8)為最酸，橘膠、柳膠約(5)，百香果膠、香蕉果膠約(6)。
- 2.萃取的果膠量:橘子皮(50%)、文旦柚皮(42.5%)最多，百香果皮(35%)、柳丁皮(25%)膠量次之，

香蕉皮(5%)果膠量最少。

3.百香果膠導電度(EC)516 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 最高，柚膠(330 $\mu\text{s}/\text{cm}$)，橘膠(288 $\mu\text{s}/\text{cm}$)、柳膠(258 $\mu\text{s}/\text{cm}$)。

4.文旦柚膠密度(g/cm^3) (0.95)最大，橘膠(0.92)、百香果膠(0.92)、柳膠(0.93)都差不多。






5.五種果皮果膠糖度(Brix)約在 16~18 之間均差不多。

實驗 1-2:果膠的稠度

時間	文旦柚膠	橘膠	百香果膠	柳膠	香蕉
測量一	14.8	12.5	6.6	7.9	膠量太少，呈水狀膠量太少，無法測得
測量二	15.0	13.1	6.9	8.0	
測量三	16.7	14.5	7.0	8.3	
平均(sec)	15.5	13.3	6.8	8.0	

《實驗結果》柚膠、橘膠的稠度最大，柳膠、百香果膠稠度較差。

實驗 1-3:果膠的保濕度



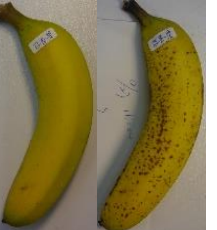


化妝棉 0.7g	文旦柚膠	橘膠	百香果膠	柳膠	水
靜置 36 小時					
棉+盤子	6.1	6.0	6.0	5.8	6.1
棉+盤子+水 10ml+紗布+果膠	20	20.4	20	19.6	18.6
棉+盤子+水 10ml(去紗)	9.8	9.5	8.8	8.4	8.0
剩下水重	9.8-6.1=3.7	9.5-6=3.5	8.8-6=2.8	8.4-5.8=2.6	8-6.1=1.9
Δ 保溼度	3.7/10=37%	3.5/10=35%	2.8/10=28%	2.6/10=26%	1.9/10=19%

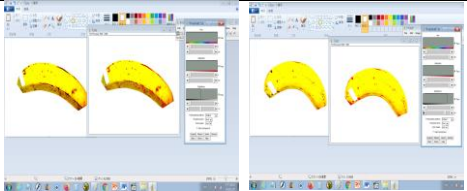
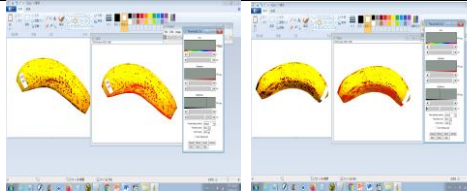
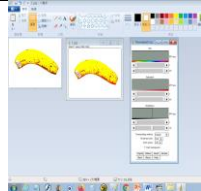
《實驗結果》

1. 保溼度:柚膠(37%)>橘膠(35%)>百香果膠(28%)>柳膠(26%)>水(19%)，柚膠保溼效果最好，保水量(3.7ml)比水(1.9ml)多出近一倍。

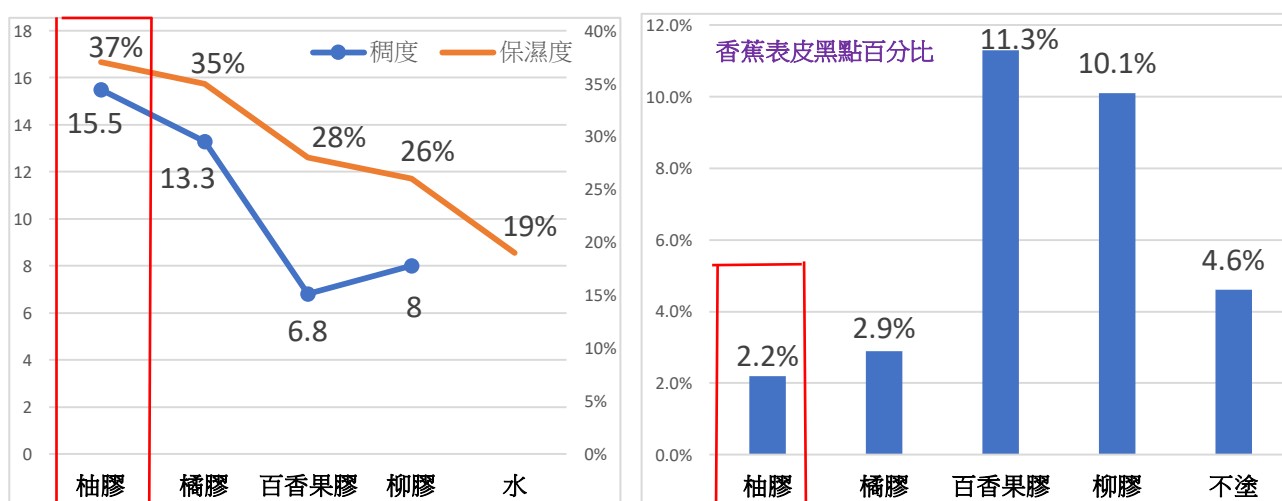
2. 紗布表面塗一層果膠的保溼效果均比塗一層水好，可見果膠具有保溼效果。

實驗 1-4:果膠對減緩香蕉熟成(隔絕氧化)的效果

	文旦柚膠	橘膠	百香果膠	柳膠	不塗
靜置陰涼處 66 小時					

電腦影像軟體 Image J					
黑點相素	全部:85641 黑色:1892	全部:82615 黑色:2383	全部:96063 黑色:10884	全部:85463 黑色:8618	全部:23495 黑色:1070
黑點百比例	比例:0.02209 約 2.2%	比例:0.028845 約 2.9%	比例:0.1133 約 11.3%	比例:0.10084 約 10.1%	比例:0.04554 約 4.6%

《實驗結果》香蕉皮黑點百分比:柚膠(2.2%)<橘膠(2.9%)<不塗膠(4.6%)<柳膠(10.1%)<百香果膠(11.3%)，柚膠、橘膠均可減緩香蕉熟成度(隔絕氧化)，以柚膠效果最好，減緩成熟度為不塗膠的約 1/2。




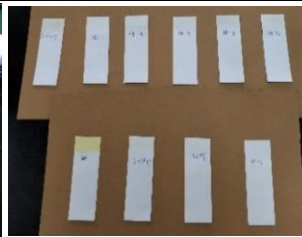
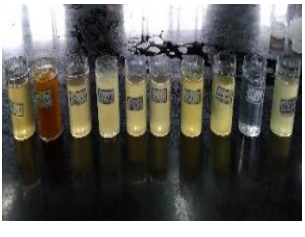
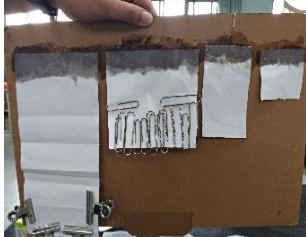
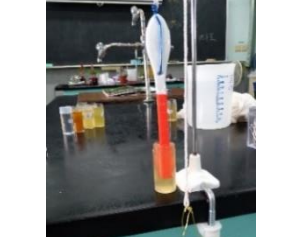



研究二: 柚膠加酸、鹼、鹽、糖、氯化鈣對黏度的影響?

(一) 實驗目的: 柚膠加酸、鹼、鹽、糖、鈣以提升稠度、黏度、保濕度、減緩水果熟成的效果

(二) 實驗步驟

1. 取 9 個燒杯各放入 50ml 柚膠，分別加入酸(檸檬汁)後混合液 PH 值 2.7、鹼(小蘇打粉)後混合液 PH 值 8.8、食鹽 5g、食鹽 10g、砂糖 5g、砂糖 10g、氯化鈣 5g、氯化鈣 10g 和柚膠，共 9 個混合液，見測量方法一，測量稠度。
2. 取步驟 1 的 9 杯混合液和市售膠水，見測量方法二，測量黏度。
3. 將步驟 1 的 9 杯混合液，見測量方法三，測量黏著度承載重量。
4. 取 50ml 柚膠+10g 糖、50ml 柚膠+20g 糖塗抹在同一串未成熟綠香蕉表皮，另一綠香蕉皮不塗抹，見測量方法五，靜置陰涼處至香蕉皮變黃長黑點，測量減緩水果熟成(隔絕氧化)。
5. 取柚膠、50ml 柚膠+糖 10g、50ml 柚膠+糖 20g、水，見方法測量七，測量保濕度。

			
柚膠+糖	柚膠+鹽	柚膠+氯化鈣	10種混和液黏著度
			
柚膠加酸.鹼.鹽.糖.氯化鈣之混合液	黏著度測試	測量黏度	測量黏著度承載重量

(三)實驗記錄

實驗 2-1:柚膠加入酸、鹼、鹽(鈉離子)、糖、氯化鈣(鈣離子)的稠度

時間	檸檬汁 PH2.7	小蘇打 PH8.8	食鹽 5g	食鹽 10g	糖 10g	糖 20g	氯化鈣 5g	氯化鈣 10g	柚膠
測量一	4.6	7.5	3	3	19.8	16	3.7	6.1	14.8
測量二	4.5	7.8	2.5	2.9	21.4	16.4	3.7	6.2	15.0
測量三	4.7	7.6	2.5	2.7	22.9	15.9	3.6	6	16.7
平均(s)	4.6	7.63	2.66	2.86	21.36	16.1	3.66	6.1	15.5

《實驗結果》柚膠加糖可增加稠度，以加 10g 糖稠度最大，加酸、鹼、鹽、氯化鈣均會降低稠度。

實驗 2-2:柚膠加酸、鹼、鹽、糖、氯化鈣與市售膠水的黏度

50ml 柚膠	檸檬汁 PH2.7	小蘇打 PH8.8	食鹽 5g	食鹽 10g	糖 10g	糖 20g	氯化鈣 5g	氯化鈣 10g	柚膠	市售膠 水
測量一	16.7	18.3	16.9	17.4	22.7	21.3	16.5	17	19.8	20
測量二	16.7	18.5	16.7	17.5	22.8	21.5	16.5	17	19.6	20
測量三	16.6	18.3	16.9	17.5	22.8	21.1	16.3	17	19.6	20
平均(g)	16.6	18.3	16.8	17.6	22.7	21.3	16.4	17	19.6	20

《實驗結果》50ml 柚膠加 10g 糖、20g 糖黏度略大於市售膠水。





實驗 2-3:黏貼的承載重量 紙張承載重量、三天(不掉落 O，掉落 X)

黏貼 紙張	檸檬汁 PH2.7	小蘇打 PH8.8	食鹽 5g	食鹽 10g	糖 10g	糖 20g	氯化鈣 5g	氯化鈣 10g	柚膠

第1天	○	○	○	X	○	○	○	X	○
第2天	○	○	○	X	○	○	○	X	○
第3天	○	○	X	X	○	○	○	X	○
重量(g)	約 26	約 42	X	X	約 432	約 42	約 40	X	約 4




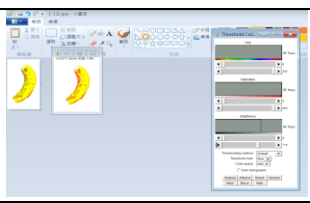
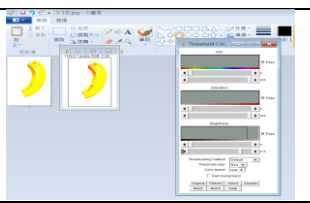
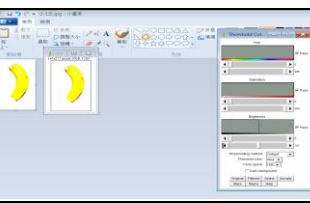
《實驗結果》50ml 柚膠加 10g 糖黏著度承載重量最重(432g)。

實驗 2-4:柚膠加不同糖量的保溼度

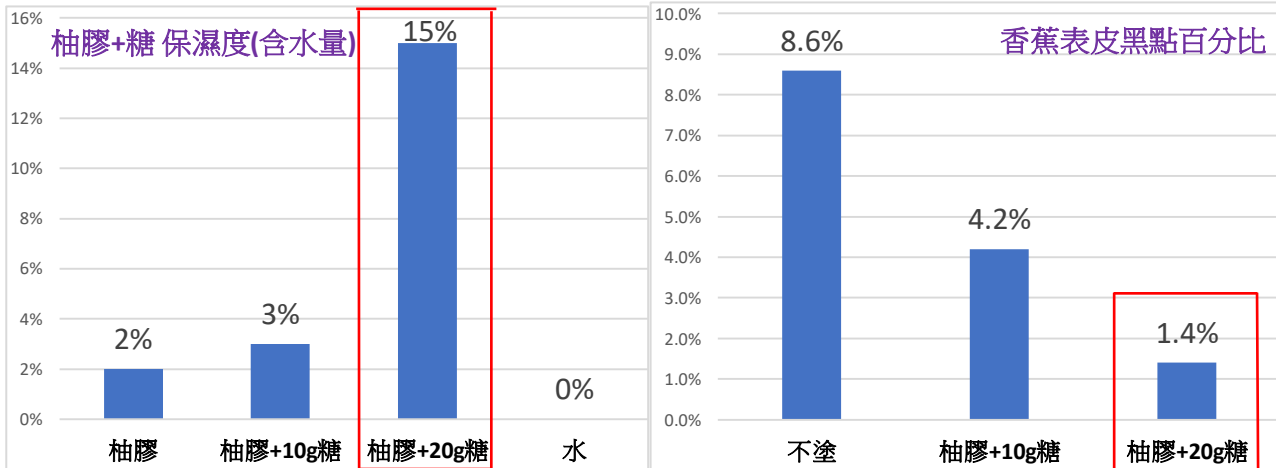
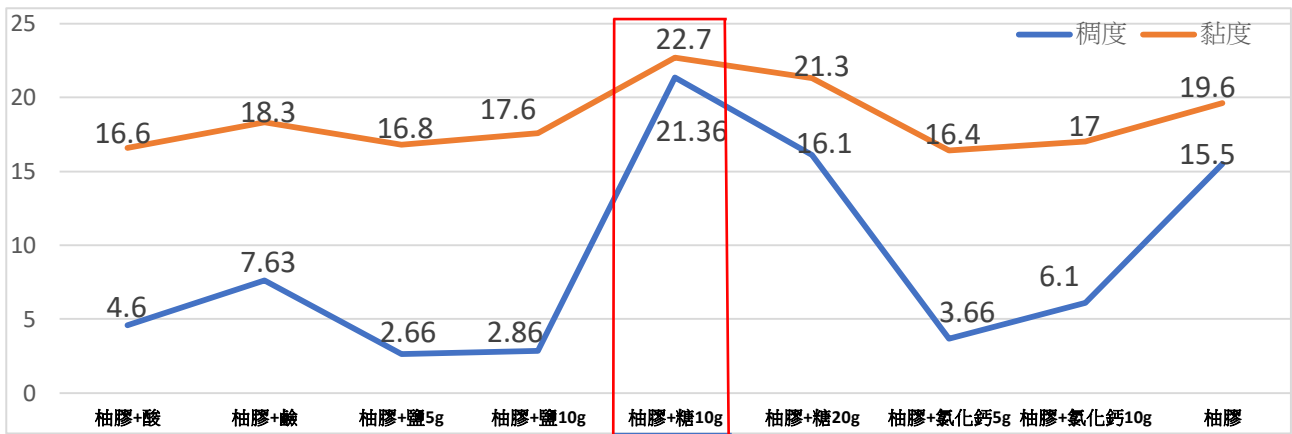
棉 0.7g	柚膠	50ml 柚膠+10g 糖	50ml 柚膠+20g 糖	水
靜置 54 小時				
棉+盤子	6.1	5.6	6.2	6.2
棉+盤子+10ml 水+塗果膠紗布	17.7	17.2	17.9	17.1
棉+盤子+10ml 水(去紗)	6.3	5.9	7.7	6.2
剩下的水量	0.2	0.3	1.5	0
△ 保溼度	0.2/10=2%	0.3/10=3%	1.5/10=15%	0/10=0%

《實驗結果》當加水化妝棉含水量為 0%時，保溼度:50ml 柚膠+20g 糖(15%)>50ml 柚膠+10g 糖(3%)>柚膠(2%)，可知柚膠加糖均可增加保溼度，以 50ml 柚膠加 20g 糖保溼度效果最好。

實驗 2-5:柚膠加不同糖量對減緩香蕉熟成(隔絕氧化)的效果

	不塗	50ml 柚膠+10g 糖	50ml 柚膠+20g 糖
靜置陰涼處 34 小時			
電腦影像軟體 Image J			
黑點相素	全部:7661 黑點:656	全部:7278 黑點:305	全部:6763 黑點:94
黑點百比例	比例:0.08563 約 8.6%	比例:0.04191 約 4.2%	比例:0.0139 約 1.4%

《實驗結果》黑點百分比: 50ml 柚膠+20g 糖(1.4%) < 50ml 柚膠+10g 糖(4.2%) < 不塗膠(8.6%)，柚膠加糖均可減緩香蕉熟成(隔絕氧化)，以 50ml 柚膠加 20g 糖效果最好為不塗膠的約 1/6。



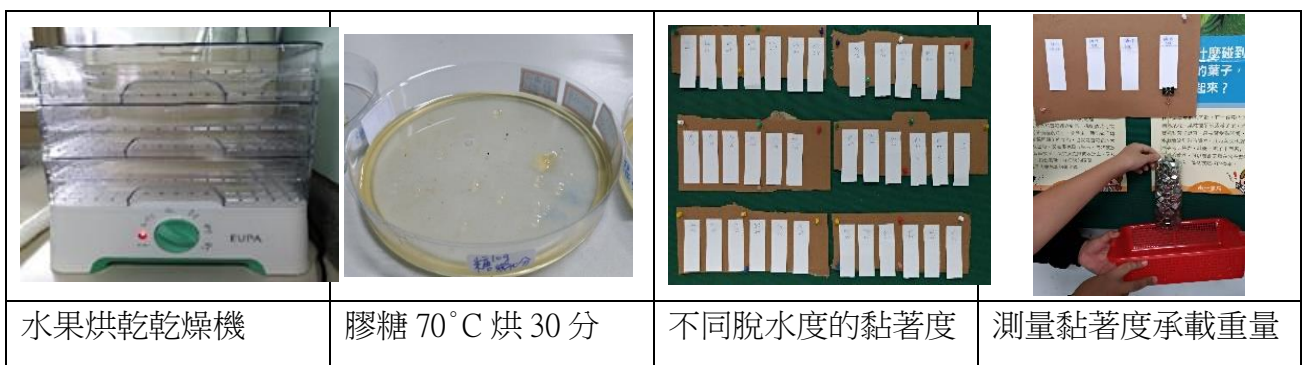
研究三：柚膠加不同糖量對黏著度的影響？

(一) 實驗目的: 50ml 柚膠加 10g 糖黏著度承載重量最佳(約 430g)，但黏貼紙張時混合液太溼不易乾，脫水程度是否可縮短黏貼紙張速乾時間且同時能提高黏著度承載重量

(二) 實驗步驟

1. 將柚膠靜置 1 天去水分，取 50ml 柚膠加 10g 糖攪拌至無糖粒後，以不烘，溫度 40°C 烘 30 分、40 分、50 分，高溫 70°C 烘 30 分、40 分、50 分，見測量方法三，測量膠糖不同脫水程度黏著度承載重量。

2. 見測量方法八，測量膠糖不同脫水程度的糖度。



(三) 實驗記錄

實驗 3-1:黏著天數

50ml 柚膠+10 g 糖去除水分	不烘	高溫 70°C			溫度 40°C		
		烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分
黏著天數	一個月 不掉落	一個月 不掉落	一個月 不掉落	一個月 不掉落	一個月 不掉落	一個月 不掉落	一個月 不掉落

《實驗結果》不同脫水程度實驗得知，均能增加黏著性可使長方形紙張黏貼一個月不掉落。

實驗 3-2:黏著度承載重量

說明:1. 紙張為一般 70 磅 A4 紙，測量以市售膠水黏貼的黏著度最大承載重量約 4200g。

2. 每個實驗均測量達 20 次，採多次接近的數字(扣除太重太輕的重量)求平均值。

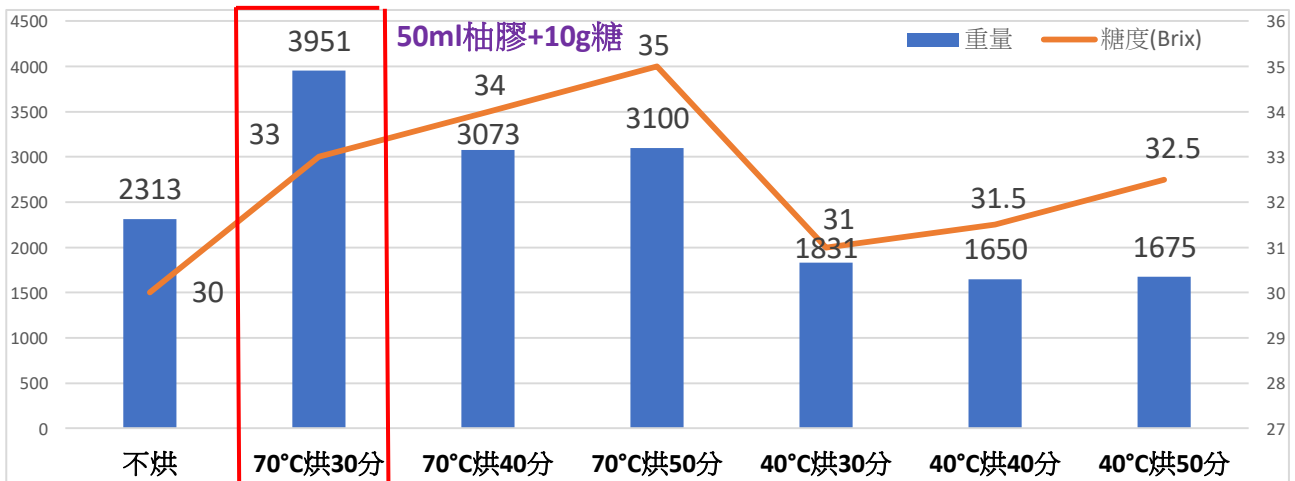
黏貼 承載重量	不烘	高溫 70°C			溫度 40°C			市售膠水
		烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	
測量一	2290	3803	3074	3000	1756	1600	1650	紙張斷裂
測量二	2300	4100	3061	3100	1887	1650	1700	紙張斷裂
測量三	2350	紙張斷裂	3085	3200	1850	1700	1675	紙張斷裂
平均(g)	2313	3951	3073	3100	1831	1650	1675	紙張斷裂

《實驗結果》溫度 40°C 烘 30 分、40 分、50 分，承載重量約 1600~1900 g 差不多，高溫 70°C 烘 40 分、50 分，承載重量約 3100 g 差不多，不烘承載重量約 2300 g。又以高溫 70°C 烘 30 分承載重量最重約 3900 g，亦有幾次紙張斷裂，此黏著性為最大，接近市售膠水。

實驗 3-3:糖度(Brix)

脫水程度	不烘	高溫 70°C			溫度 40°C		
		烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分
糖度(Brix)	30	33	34	35	31	31.5	32.5

《實驗結果》由實驗 3-2 得知，70°C 烘 30 分紙張黏著性最強，此時測得糖度為 33(Brix)。



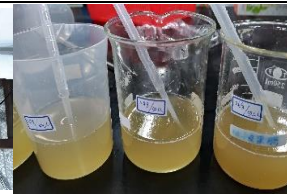



研究四:柚膠的不同施肥方式對土壤的保濕度如何?

(一) 實驗目的: 考量果膠保存問題, 若將果膠烘乾成粉狀, 可長久保存的方便性, 故設計三種不同施肥方式: 埋膠法、膠水法、粉水法, 並且設計高溫組(鹵素燈加熱溫度 35°C)與室溫組(室內 20°C), 測量對土壤保濕效果的影響

(二) 實驗步驟

1. 柚膠以水果烘乾機烘乾成粉狀, 換算果膠與粉狀重量, 50 ml 柚膠烘乾成乾粉重約 1 g。
2. 三種施肥方式: **埋膠法**: 10ml 柚膠、20ml 柚膠、30 ml 柚膠, **柚膠水法**: 10ml 柚膠+40ml 水、20ml 柚膠+30ml 水、30ml 柚膠+20ml 水, 乾柚膠**粉水法**: 0.2g 粉膠+50 ml 水、0.4g 粉膠+50 ml 水、0.6g 粉膠+50 ml 水。**埋膠法: 取出盆栽內土壤表層約 0.5cm 厚度的土壤後, 將果膠均勻抹平於土壤上層後, 再將剛才取出 0.5cm 厚度的土壤均勻覆蓋於果膠上方。**
3. 每盆乾燥度一樣的土壤重量約 50g, 測量一週, **每日加水量到流出土壤液約 5ml, 取 2ml 土壤液加 10ml 蒸餾水**, 測量土壤液 PH 值、土壤液導電度(EC)、土壤乾重、土壤加水的後重。見測量方法十一, 測量土壤的失水率、吸水率。

			
室溫組(20°C)	高溫組(鹵素燈 35°C) 木箱上方加蓋	粉水 0.2g/50ml、0.4g/50ml、0.6g/50ml	2ml 土壤液

(三) 實驗記錄

實驗 4-1: 土壤的保濕度(失水率、吸水率)

(1) 室溫組

		第一次		第二次		第三次		第四次		第五次		平均	最後一次土水重平均	失水率平均	吸水率平均
		後重	乾重	後重	乾重	後重	乾重	後重	乾重	後重	乾重	後重			
水	土+水	113.9	110.1	122.1	119.3	121.9	119.9	122	118.4	121.3	117.4	120.5	120.5	0.027	0.040
	失水率	0.033		0.023		0.016		0.030		0.032		0.027			
	吸水率	0.109		0.022		0.018		0.024		0.026		0.040			
埋膠法	10ml	120.1	117.8	125	122.8	125.8	123.9	124	121.7	122.9	120	123.1	121.8	0.020	0.021
	失水率	0.019		0.018		0.015		0.019		0.024		0.019			
	吸水率	0.061		0.024		0.001		0.010		0.026		0.024			
	20ml	121.8	118.9	126.9	124.8	126	123.7	124	121.2	122.2	118.6	119.4			
	失水率	0.024		0.017		0.018		0.023		0.029		0.022			

	吸水率	0.067		0.010		0.002		0.008		0.007		0.019			
	30 ml	123.3	121	123.8	122.9	124.6	123.3	123.9	120.7	123.4	119.2	123			
	失水率	0.019		0.007		0.010		0.026		0.034		0.019			
	吸水率	0.023		0.014		0.005		0.022		0.032		0.019			
膠 水 法	10ml/50ml	108.8	106.5	127.7	125.9	128.7	126.4	126.9	124.6	126.3	123.7	127.2	125.2	0.020	0.049
	失水率	0.021		0.014		0.018		0.018		0.021		0.018			
	吸水率	0.199		0.022		0.004		0.014		0.028		0.053			
	20ml/50ml	112.9	110.5	126.1	123.8	125.6	123.1	123.7	120.7	121.4	118.7	121.2			
	失水率	0.021		0.018		0.020		0.024		0.022		0.021			
	吸水率	0.141		0.015		0.005		0.006		0.021		0.038			
	30ml/50ml	109.6	107	128.8	126.9	129.5	126.8	128	125.4	128.2	124.6	127.1			
	失水率	0.024		0.015		0.021		0.020		0.028		0.022			
	吸水率	0.204		0.020		0.009		0.022		0.020		0.055			
粉 水 法	0.2g/50ml	104.7	102.6	125.7	124.2	126.5	124.8	126.8	124.8	126.9	124.8	127.2	127.8	0.020	0.073
	失水率	0.020		0.012		0.013		0.016		0.017		0.016			
	吸水率	0.225		0.019		0.016		0.017		0.019		0.059			
	0.4g/50ml	101.6	98.6	129	126.5	126.9	124.9	127.3	125.4	128.2	126	129.1			
	失水率	0.030		0.019		0.016		0.015		0.017		0.019			
	吸水率	0.308		0.003		0.019		0.022		0.025		0.075			
	0.6g/50ml	100	97.7	131.8	125.5	126.4	123.6	125.5	123.3	126.4	124.1	127.1			
	失水率	0.023		0.048		0.022		0.018		0.018		0.026			
	吸水率	0.349		0.007		0.015		0.025		0.024		0.084			

《實驗結果》

- 1.室溫組三種施肥方式保濕度無太大的差異，加果膠的保濕度均比澆水能減少水分蒸發，果膠具有土壤保濕效果。
- 2.埋膠法吸水量最少，像是裝了水袋一般，適用短時間外出不能定時澆水，且第一次與最後一次土壤含水重最穩定，保水度最好。
- 3.粉水法能幫助土壤吸到最大的水量，最後一次的土壤含水量最高。

(2)高溫組

		第一次		第二次		第三次		第四次		第五次		平均	最後一次土水重 平均	失水率 平均	吸水率 平均
		後重	乾重	後重	乾重	後重	乾重	後重	乾重	後重	乾重	後重			
水	土+水	111.2	104.4	118.8	111.1	118.6	111.8	119	113	119.1	109.3	116.8			
	失水率	0.061		0.065		0.057		0.050		0.082		0.063			
	吸水率	0.138		0.068		0.064		0.054		0.069		0.079	116.8	0.063	0.079
埋	10ml	121.6	116.4	122.8	117.4	121.5	115.8	120.6	114.5	121.2	110.8	123.1			

膠 法	失水率	0.043		0.044		0.047		0.051		0.086		0.054	120.5	0.053	0.048
	吸水率	0.055		0.035		0.041		0.059		0.111		0.060			
	20ml	120.7	116.5	119	113.1	117.9	112.4	116.9	112.4	116.3	104.3	117.4			
	失水率	0.035		0.050		0.047		0.038		0.104		0.055			
	吸水率	0.021		0.042		0.040		0.035		0.038		0.035			
	30 ml	122.2	117.6	125.4	120.2	125	119.6	124.9	119.8	124	113.4	121			
	失水率	0.038		0.041		0.043		0.041		0.085		0.050			
	吸水率	0.066		0.040		0.044		0.035		0.067		0.050			
膠 水 法	10ml/50ml	111.5	107.8	124.2	118.9	123.8	119.4	123.1	118.1	122.6	111.6	123.2	122.9	0.047	0.065
	失水率	0.033		0.043		0.036		0.041		0.090		0.049			
	吸水率	0.152		0.041		0.031		0.038		0.104		0.073			
	20ml/50ml	119	115.2	125.1	119.5	122.3	117.6	121.2	116.2	119.2	110.8	123			
	失水率	0.032		0.045		0.038		0.041		0.070		0.045			
	吸水率	0.086		0.023		0.031		0.026		0.110		0.055			
	30ml/50ml	114	110	125.6	119.7	124.3	118.4	123.7	119.3	124.4	115.4	122.4			
	失水率	0.035		0.047		0.047		0.031		0.072		0.046			
吸水率	0.142		0.038		0.045		0.043		0.061		0.066				
粉 水 法	0.2g/50ml	103.9	100.5	121.7	117.6	120.5	116.5	120.9	117.5	121.6	112.2	119.8	120.5	0.040	0.073
	失水率	0.033		0.034		0.033		0.028		0.077		0.041			
	吸水率	0.211		0.025		0.038		0.035		0.068		0.075			
	0.4g/50ml	108.4	104.4	121.5	117.4	120.4	115.2	121.2	117.3	122.1	112.1	120.4			
	失水率	0.037		0.034		0.043		0.032		0.082		0.046			
	吸水率	0.164		0.026		0.052		0.041		0.074		0.071			
	0.6g/50ml	101.9	98.3	122.6	118.4	120.1	117.3	120.1	117.8	121	114.4	121.2			
	失水率	0.035		0.034		0.023		0.019		0.055		0.033			
吸水率	0.247		0.014		0.024		0.027		0.059		0.074				

《實驗結果》

1. 高溫組三種施肥方式失水率均小於澆水，加果膠可以減少水分的蒸發，具有土壤保濕功能，又以粉水法保濕效果最好。
2. 無論高溫組或低溫組，加果膠土壤含水量均比澆水高，果膠可提高土壤含水量。

實驗 4-2: 測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的導電度(EC)

(1) 室溫組

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均(μs/cm)
水	917	897	780	703	692	646	773
埋 10ml	666	770	811	776	789	880	782
							766

膠 法	20ml	897	996	804	648	651	664	777	
	30ml	780	814	720	608	770	741	739	
膠 水 法	10ml/50 ml	616	811	669	644	712	612	677	681
	20ml/50 ml	564	996	614	525	491	636	638	
	30ml/50 ml	1113	974	633	544	537	577	730	
粉 水 法	0.2g/50 ml	880	735	767	690	692	669	739	767
	0.4g/50 ml	663	801	814	753	730	636	733	
	0.6g/50 ml	1132	908	811	733	735	664	831	

《實驗結果》

- 室溫下三種施肥方式導電度(EC)均低於澆水，果膠黏稠性能鎖住養分防止土壤營養流失，不讓水帶走離子，且膠狀能較長時間留在土壤裡，保濕度佳，保肥度佳，可延長施肥天數。
- 外出可將戶外盆栽移至室內，加果膠可增加土壤保濕度，減少澆水量、延長澆水時間。

(2)高溫組

		第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均($\mu\text{s}/\text{cm}$)	
水		684	817	883	698	653	625	727	
埋 膠 法	10ml	1038	951	801	669	773	638	812	772
	20ml	891	894	741	625	701	589	740	
	30ml	801	747	798	616	709	916	765	
膠 水 法	10ml/50 ml	709	873	770	680	786	553	729	812
	20ml/50 ml	1389	1055	653	570	703	723	849	
	30ml/50 ml	1341	1005	653	546	648	959	859	
粉 水 法	0.2g/50 ml	1034	1042	870	723	733	575	830	817
	0.4g/50 ml	996	838	801	631	682	566	752	
	0.6g/50 ml	883	1081	905	853	795	696	869	

《實驗結果》高溫下會破壞果膠的結塊使之呈水狀流出，且因大量吸水使果膠養分容易流失，測得導電度(EC)較高。

實驗 4-3:測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的 PH 值

(1)室溫組

		第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均	
水		5.78	5.83	5.88	5.89	5.94	6.43	5.96	
埋 膠 法	10ml	5.38	5.63	5.81	5.05	5.04	5.03	5.32	5.48
	20ml	5.32	5.58	5.79	5.77	5.71	5.44	5.60	
	30ml	5.53	5.47	5.72	5.85	5.59	5.00	5.53	

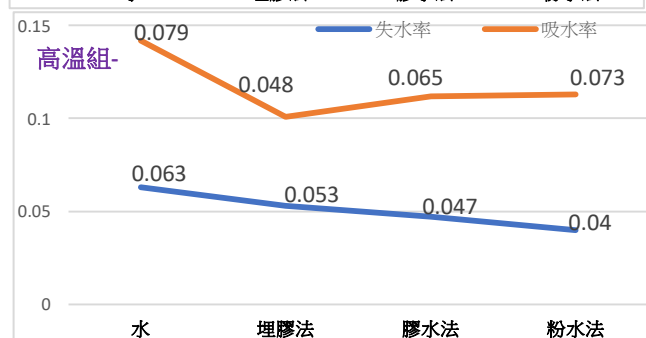
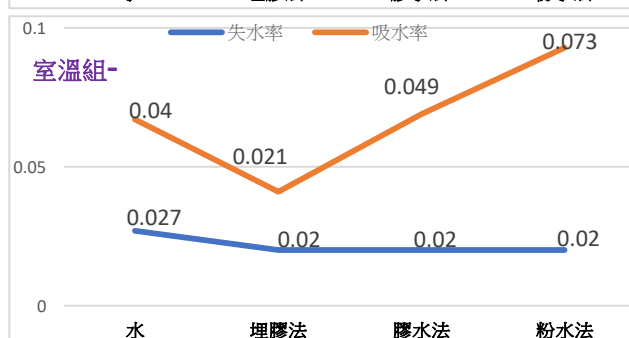
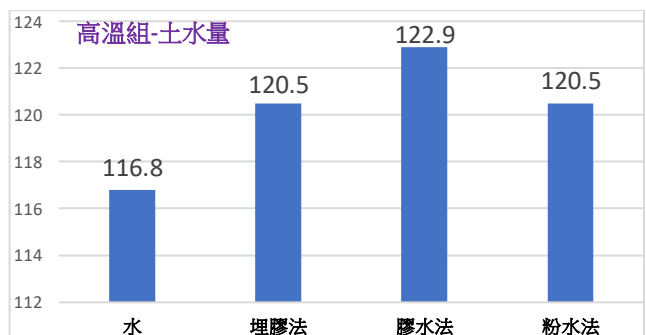
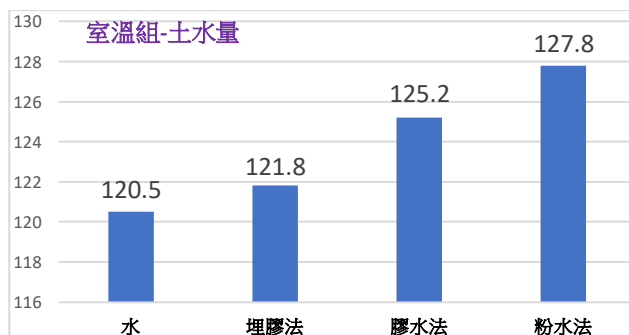
膠水法	10ml/50 ml	5.74	5.75	5.76	5.68	5.23	5.23	5.57	5.54
	20ml/50 ml	5.51	5.36	5.75	5.72	5.48	5.10	5.49	
	30ml/50 ml	5.46	5.52	5.61	5.54	5.63	5.57	5.56	
粉水法	0.2g/50 ml	5.57	5.92	5.94	5.83	5.88	5.95	5.85	5.79
	0.4g/50 ml	5.69	5.97	5.88	5.71	5.77	5.98	5.83	
	0.6g/50 ml	5.65	6.00	5.95	5.55	5.40	5.54	5.68	

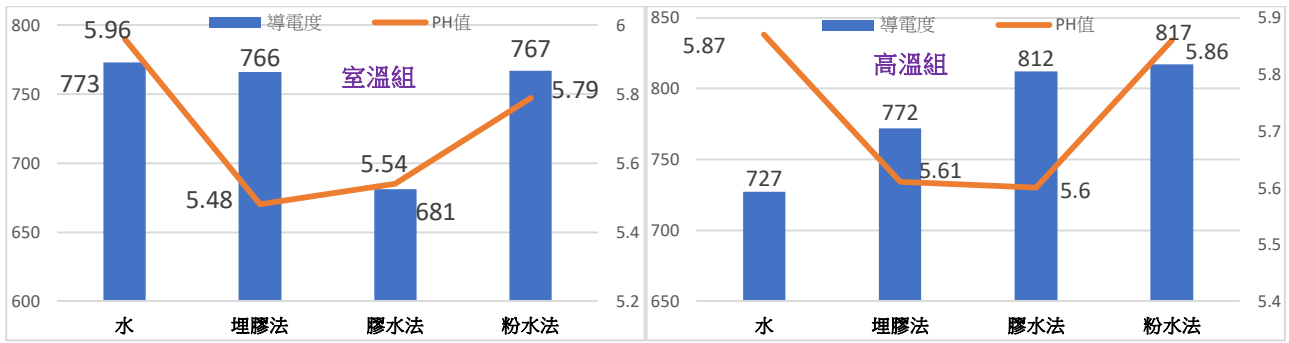
《實驗結果》室溫組每次加水量不多，故 PH 值低(偏酸)。PH 值埋膠法(5.48)<膠水法(5.54)<粉水法(5.79)<水(5.96)，粉水法最接近澆水土壤液 PH 值。

(2)高溫組

		第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	平均	
水		5.82	5.72	5.78	5.95	5.82	5.10	5.87	
埋膠法	10ml	5.40	5.63	5.86	5.99	5.94	5.16	5.66	5.61
	20ml	5.27	5.47	5.98	5.94	5.97	5.53	5.69	
	30ml	5.40	5.45	5.73	5.83	5.90	4.65	5.49	
膠水法	10ml/50 ml	5.74	5.74	5.65	5.67	5.81	5.52	5.69	5.60
	20ml/50 ml	5.55	5.43	6.00	5.99	5.85	5.03	5.64	
	30ml/50 ml	5.46	5.52	5.65	5.70	5.89	4.58	5.47	
粉水法	0.2g/50 ml	5.87	6.02	5.95	5.97	6.06	6.05	5.99	5.86
	0.4g/50 ml	5.97	6.06	5.91	6.07	6.06	6.02	6.02	
	0.6g/50 ml	5.88	5.87	5.74	5.42	5.1	5.38	5.57	

《實驗結果》高溫組加水量多而稀釋使 PH 值高。PH 值埋膠法(5.61)=膠水法(5.60)<粉水法(5.86)水=(5.87)，粉水法最接近澆水土壤液 PH 值。





研究五:果膠量與施肥方式對植物生長的影響?

(一)實驗目的:果膠量(5 ml、10ml、 20ml、 30ml)與三種施肥方式對植物在土壤表(淺)層:綠豆種子發芽、淺根生長，土壤內層:小白菜深根生長的影響

(二)實驗步驟

1.每盆乾燥度一樣的土壤重量約 50g，每盆各放入 5 顆綠豆種子，每盆埋入小白菜苗。一週施肥一次，綠豆生長 3 週、小白菜生長 2 週，每次加水量到流出土壤液約 5ml，測量每日土壤液 PH 值、導電度(EC)。每日紀錄土壤表層:第一週綠豆種子發芽狀態，土壤淺層:第二~三週綠豆苗淺根生長情形，土壤深層:兩週小白菜苗深根菜苗生長存活情形。

2.葉子的選擇:每株小白菜扣除最大葉與最小葉，挑選中間差不多的葉面積之一葉拍照，見測量方法四，拍照小白菜 2 週前葉面積、2 週後葉面積。3 週後豆苗，測量高度、重量。










(三)實驗記錄

實驗 5-1: 不同柚膠量與不同施肥方式對植物生長的情形

	表層-種子		淺層-綠豆苗淺根			深層-小白菜苗深根		
	發芽		淺根		豆苗	第一週	第二週	葉面積
	第一週	豆數	第二週	第三週	總高度/總重量			











埋膠法	5ml	快速發芽	4	緩慢生長	有芽有葉 不長高	見表一	存活	葉軟	生長失敗
	10 ml	不發芽	0	不適合生長			苗死	不適合生長	
	20 ml	不發芽	0	不適合生長			苗死	不適合生長	
	30 ml	不發芽	0	不適合生長			苗死	不適合生長	
膠水法	5 ml/50 ml	發芽	4	快速生長	但莖變軟 生長失敗	見表一	存活	葉軟	生長失敗
	10 ml/50 ml	緩慢發芽	3	生長失敗			存活	葉軟	生長失敗
	20 ml/50 ml	不發芽	0	不適合生長			苗死	不適合生長	
	30 ml/50 ml	不發芽	0	不適合生長			苗死	不適合生長	
粉水法	0.2g/50 ml	緩慢發芽	4	快速生長		見表一	存活	存活	見表二
	0.4g/50 ml	緩慢發芽	4	快速生長		見表一	存活	存活	見表二
	0.6g/50 ml	緩慢發芽	4	快速生長		見表一	存活	存活	見表二
	0.8g/50 ml	緩慢發芽	5	快速生長		見表一	存活	存活	見表二
水		發芽	4	快速生長		見表一	存活	存活	見表二

表一:豆苗

3 週	埋膠法 5ml	膠水法 5ml/50ml	水	
				
發苗率	80%	80%	80%	
平均高度 (cm)	$2+2+2+2.5=8.5$, $8.5/4=2.125$	$9+1+8+7=25$, $25/4=6.25$	$16.5+16+12+14.5=59$, $59/4=14.75$	
平均重量(g)	$0.8g/4=0.2$	$1.5g/4=0.375$	$1.9g/4=0.475$	
3 週	粉水 0.2g/50ml	粉水 0.4g/50ml	粉水 0.6g/50ml	粉水 0.8g/50ml
				
發苗率	80%	80%	80%	100%
平均高度(cm)	$13+14.5+18+16.5=62$, $62/4=15.5$	$18+14+15+12=59$, $59/4=14.75$	$19+18+17+11=65$, $65/4=16.25$	$19+16+16+15+15=81$, $81/5=16.2$
平均重量(g)	$2.0g/4=0.5$	$1.9g/4=0.475$	$2.2g/4=0.55$	$2.5g/5=0.5$

表二:葉面積 生長率: (後測面積-前測面積)/前測面積

2 週	粉水 0.2g/50ml	粉水 0.4g/50ml	粉水 0.6g/50ml	粉水 0.8g/50ml	水
-----	--------------	--------------	--------------	--------------	---

葉前測 (mm ²)	 面積:1351.846	 面積: 1121.032	 面積: 1187.279	 面積: 1365.915	 面積: 1735.315
葉後測 (mm ²)	 面積:1610.061	 面積: 1316.498	 面積:1475.787	 面積: 1909.903	 面積: 1923.436
生長率	約 19.1%	約 17.4%	約 24.3%	約 39.8%	約 10.8%

《實驗結果》

- 1.低量(5ml)埋膠法第一週種子發芽速度最快，適合發芽，但第二週有芽長葉不長高，不適合淺根生長；第一週菜苗存活，第二週葉漸軟生長失敗，不適合深根生長。低量(5ml)膠水法第一週種子發芽後快速生長，適合土發芽，但第二週莖漸軟，不適合淺根生長。高量(10~30 ml) 埋膠法、膠水法均不適合淺根、深根植物生長。
2. **粉水法(0.2~0.8g/50ml)均適合種子發芽、淺根、深根生長**。相較澆水生長率，淺根綠豆苗莖平均高度 15.675cm 較澆水(15.675-14.75)/14.75=0.0627 長高約 6.3%、平均重量 0.50125g 較澆水 (0.50125-0.475)/0.475=0.0552 多重約 5.5%，深根小白菜葉平均面積 25.15%較澆水 10.8%長快速度約 2.3 倍。

實驗 5-2 測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的 PH 值

		埋膠法				膠水法				粉水法				水
		5ml	10ml	20ml	30ml	5ml/50ml	10ml/50ml	20ml/50ml	30ml/50ml	0.2g/50ml	0.4g/50ml	0.6g/50ml	0.8g/50ml	
土壤表層	第一週	4.91	5.42	5.37	5.26	5.31	5.38	5.19	5.15	5.45	5.50	5.53	5.44	5.50
		5.16	5.29	5.26	5.19	5.35	5.47	5.17	5.18	5.55	5.46	5.44	5.55	5.45
		5.19	5.57	5.10	5.25	5.20	5.51	5.37	5.02	5.79	5.78	5.84	5.56	5.57
		5.50	5.67	5.43	5.00	5.33	5.35	5.55	5.08	5.88	5.81	5.78	5.92	5.63
淺層綠豆種子發芽	第二週	5.46	5.50	5.52	5.29	5.50	5.27	5.44	5.34	5.94	5.93	5.89	5.81	5.80
		5.59	4.47	4.49	3.96	5.67	4.65	4.53	3.86	5.98	5.99	6.10	5.88	6.06
		5.51	4.39	3.94	3.64	5.71	4.38	4.02	3.64	5.98	5.98	6.07	5.90	5.94
第三週	不發芽不再測量	5.40	不發芽不再測量			5.58	不發芽不再測量			5.97	5.87	6.09	5.66	6.03
		5.00				5.04				6.14	5.98	6.18	5.78	6.13
		5.07				4.88				6.16	5.86	6.03	5.93	6.22
		5.07				4.87				6.08	6.04	6.11	5.92	6.15
		4.76				4.84				6.21	6.12	6.03	6.12	6.26

平均	5.22	5.19	5.02	4.80	5.27	5.14	5.04	4.75	5.93	5.86	5.92	5.79	5.90	
土壤深層小白菜苗深根	第一週	5.12	4.50	4.03	4.23	5.24	4.41	4.36	4.52	5.50	5.51	5.14	5.11	5.32
		5.35	5.05	5.04	5.00	5.04	5.10	5.16	5.07	5.25	5.48	5.46	5.22	5.22
	第二週	5.76	菜死不再測量			5.44	5.46	菜死不再測量		5.38	5.44	5.52	5.56	5.27
		5.62				5.64	5.49			5.74	5.79	5.76	5.69	5.44
		菜死不再測量				5.95	5.57			5.75	5.71	5.75	5.82	5.51
		菜死不再測量				6.09	菜死不再測量			5.85	5.79	5.82	5.92	5.86
		菜死不再測量				5.78	菜死不再測量			5.85	5.90	5.60	5.70	5.83
		菜死不再測量				5.61	菜死不再測量			5.92	5.74	5.68	5.64	5.81
		菜死不再測量				5.72	菜死不再測量			5.82	5.68	5.71	5.87	5.76
		菜死不再測量				5.40	菜死不再測量			6.02	5.96	5.85	5.63	5.90
平均	5.46	4.78	4.54	4.62	5.59	5.21	4.76	4.80	5.71	5.70	5.63	5.62	5.59	

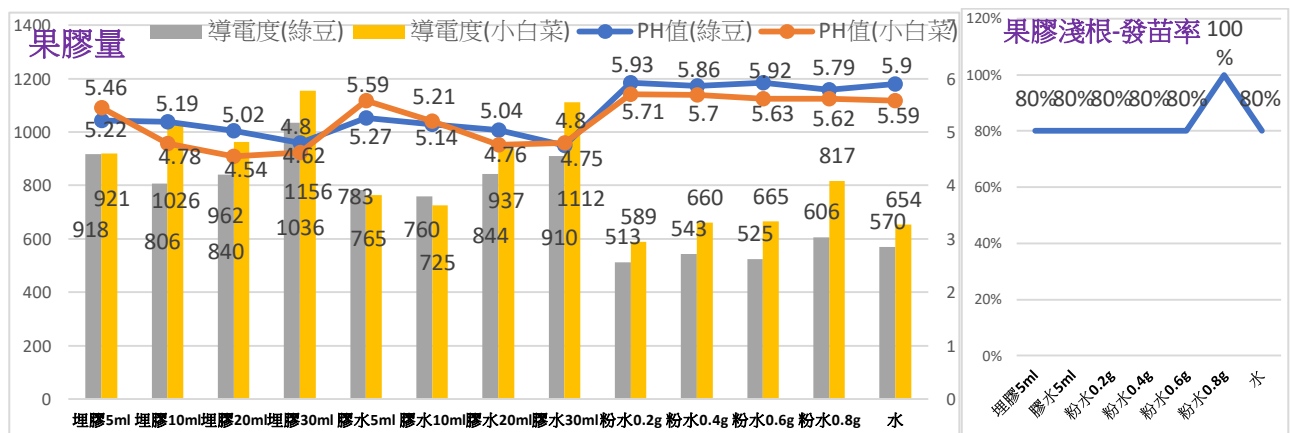
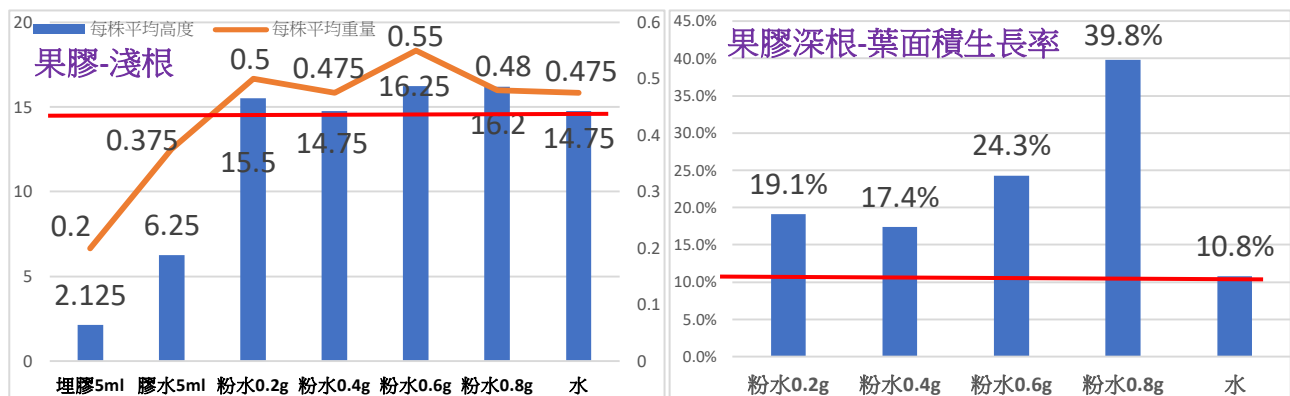
《實驗結果》高量(10~30ml)埋膠法、膠水法 PH 值較酸不適合植物生長。低量(5ml)膠水法 PH 值接近澆水土壤液(略酸),菜苗可存活,但後期葉軟生長不佳的結果符合。粉水法(0.2~0.8g/50ml) 土壤液 PH 值相近於澆水土壤液,適合發芽、淺根、深根生長。

實驗 5-3:測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的導電度(EC)

		埋膠法				膠水法				粉水法				水
		5ml	10ml	20ml	30ml	5ml/50ml	10ml/50ml	20ml/50ml	30ml/50ml	0.2g/50ml	0.4g/50ml	0.6g/50ml	0.8g/50ml	
土壤表層種子發芽淺層淺根	第一週	1629	841	906	1072	900	864	997	1072	857	778	816	797	937
		1386	797	854	1022	1066	784	878	692	763	841	812	714	968
		1491	730	775	899	1362	711	761	711	633	684	665	844	870
		1019	647	634	917	1012	678	542	809	647	697	697	506	797
	第二週	576	530	489	650	678	650	563	613	547	560	509	500	640
		647	957	851	1321	682	734	775	1186	405	494	440	764	402
		614	1139	1369	1369	516	900	1393	1288	420	463	445	676	420
		599	不發芽不再測量			522	不發芽不再測量			402	445	396	674	387
	第三週	501				487				431	463	425	420	411
		642				640				399	431	424	494	409
617					665				389	383	365	434	340	
1299					861				261	279	308	445	263	
平均	918	806	840	1036	783	760	844	910	513	543	525	606	570	
土壤深層菜	第一週	1675	1098	954	1121	1080	1084	1084	1345	775	925	1294	1321	844
		962	954	969	1191	1088	748	790	878	819	772	809	1304	874
	526	菜死不再測量			1057	673	菜死不再測量		742	775	775	1057	900	
	520				708	599			585	650	585	812	734	
	菜				608	523			541	603	554	642	660	

苗 深 根	第 二 週	死 不 再 測 量					665	菜 死 不 再 測 量					415	485	532	629	507
							575						550	625	585	638	547
							631						526	644	560	651	526
							574						491	603	512	514	501
							668						445	521	443	599	451
平均			921	1026	962	1156	765	725	937	1112	589	660	665	817	654		

《實驗結果》埋膠法、膠水法均為剛施肥前幾天，植物無法存活後，不再測量，故測得(EC)較高。淺根綠豆苗吸水量少，測得 PH 值低，因加水量少，營養不易流失測得(EC)低。深根小白菜葉吸水量多，測得 PH 值高，因加水量多，營養流失多測得(EC)高。



研究六:奶膠與施肥方式對植物的生長影響如何?

(一) 實驗目的:牛奶含有高量的酪蛋白與鈣，柚膠加發酵的過期牛奶做為高營養的天然肥料；以奶膠低量 5 ml、奶膠比例(5%、10%、15%、20%、25%)和三種施肥法對植物生長影響









(二)實驗步驟

1.將過期奶粉依說明標準比例沖泡牛奶後靜置 10 天使牛奶完全發酵，以柚膠加發酵牛奶調配:

奶膠比例:5%(5ml 牛奶+95ml 柚膠)、10%(10 ml 牛奶+90 ml 柚膠)、15%(15 ml 牛奶+85 ml 柚膠)、20%(20 ml 牛奶+80 ml 柚膠)、25%(25 ml 牛奶+75 ml 柚膠)。**奶膠水比例**:(5%5ml 奶膠+45ml

水)、(10%5ml 奶膠+45ml 水)、(15%5ml 奶膠+45ml 水)、(20%5ml 奶膠+45ml 水)、(25%5ml 奶膠+45ml 水)。**粉奶比例**:5%(5ml 牛奶+1.9g 粉膠+95ml 水)、10%(10ml 牛奶+1.8g 粉膠+90ml 水)、15%(15ml 牛奶+1.7g 粉膠+85ml 水)、20%(20ml 牛奶+1.6g 粉膠+80ml 水)、25%(25ml 牛奶+1.5g 粉膠+75ml 水)。

2.同研究五(二)實驗步驟 1.2.3.。

			
奶膠比例 5%、10%、15%、20%、25%	5ml 膠奶水法 5%、10%、15%、20%、25%	5ml 粉奶法 5%、10%、15%、20%、25%	2ml 土壤液+10ml 蒸餾水，測量 PH、EC
			
過期牛奶發酵 10 天	綠豆種子	表層土壤種子、淺根	內層土壤小白菜深根

(三)實驗記錄










實驗 6-1:不同施肥方式與不同奶膠量對植物生長的情形

低量 5ml 奶膠

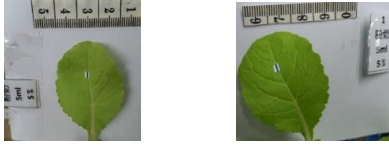
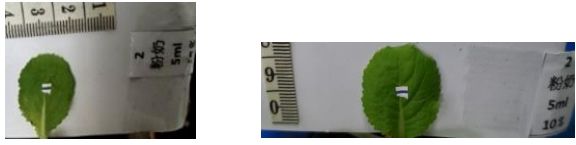
		表層-種子		淺層-綠豆苗淺根			深層-小白菜苗深根		
		發芽		淺根		豆苗	第一週	第二週	葉面積
		第一週	顆數	第二週	第三週	總高度/ 總重量			
埋 奶 膠 法	5%	快速發芽， 快速長高	5	2.5 cm	有葉有芽， 不長高	見表一	存活	葉軟	生長失敗
	10%	快速發芽， 快速長高	5	2.5 cm	高 5 cm		存活	葉軟	生長失敗
	15%	快速發芽， 快速長高	5	3 cm	高 4 cm		第 6 天死了	不適合生長	
	20%	快速發芽， 快速長高	5	4 cm	高 6 cm		存活	葉軟	生長失敗
	25%	快速發芽， 快速長高	5	5 cm	長高，後期 莖變軟		第 6 天死了	不適合生長	
奶 膠	5%	發芽，長高	5	6 cm	長的好	見表一	存活	葉軟	生長失敗
	10%	發芽，長高	5	7cm	長的高		第 3 天死了	不適合生長	

水法	15%	發芽，長高	5	5 cm	長的高		存活	葉軟	生長失敗
	20%	發芽，長高	5	2 cm	有葉有芽，不長高		第3天死了	不適合生長	
	25%	發芽，長高	5	3 cm	長的高		第3天死了	不適合生長	
粉奶法	5%	發芽，長高	5	9 cm	長的非常高	見表一	存活	存活	見表二
	10%	發芽，長高	5	9 cm	長的非常高		存活	存活	見表二
	15%	發芽，長高	5	8.5 cm	長的非常高		存活	葉枯黃	生長失敗
	20%	發芽，長高	5	8.5 cm	長的非常高		存活	葉軟	生長失敗
	25%	發芽，長高	5	9 cm	長的非常高		存活	死了	不適生長

表一:豆苗

3 週	埋奶膠法 5%	埋奶膠法 10%	埋奶膠法 15%	埋奶膠法 20%	埋奶膠法 25%
5ml					
發苗率	80%	80%	100%	100%	80%
平均高度 (cm)	$1+3+3+3=10$ ， $10/4=2.5$	$4+3+3+8=18$ ， $18/4=4.5$	$7.5+6+4+4+4=$ 25.5 ， $25.5/5=5.1$	$7.5+6+4+4+3=$ 24.5 ， $24.5/5=4.9$	$4+3+3+8=18$ ， $18/4=4.5$
平均重量(g)	$0.7g/4=0.175$	$1.8g/4=0.45$	$1.6g/5=0.32$	$1.3g/5=0.26$	$0.7g/4=0.175$
3 週	奶膠水法 5%	奶膠水法 10%	奶膠水法 15%	奶膠水法 20%	奶膠水法 25%
5ml					
發苗率	100%	80%	100%	60%	80%
平均高度 (cm)	$8+7.5+6.5+10+10=$ 42 ， $42/5=8.4$	$10.5+9+8+12=$ 39.5 ， $39.5/4=9.875$	$7+8+7+8+11=$ 41 ， $41/5=8.2$	$4+3+3=10$ $10/3=3.33$	$9+8.5+12+8.5=$ 38 ， $38/4=9.5$
平均重量(g)	$2.3g/5=0.46$	$1.8g/4=0.36$	$2.2g/5=0.44$	$1.0g/3=0.33$	$2.5g/4=0.625$
3 週	粉奶法 5%	粉奶法 10%	粉奶法 15%	粉奶法 20%	粉奶法 25%
5ml					
發苗率	100%	100%	100%	100%	100%
平均高度 (cm)	$21.5+21+19.5+15+12=89$ ， $89/5=17.8$	$21+20.5+17+17.5+18=94$ ， $94/5=18.8$	$20+14+17+16+13=80$ ， $80/5=16$	$19+21+20+17+16.5=93.5$ ， $93.5/5=18.7$	$19+18+16.5+20+18.5=92$ ， $92/5=18.4$
平均重量(g)	$3.0g/5=0.6$	$2.7g/5=0.54$	$2.6g/5=0.52$	$2.8g/5=0.56$	$2.6g/5=0.52$

表二:葉面積 生長率: (後測面積-前測面積)/前測面積

2 週	粉奶水 5%5ml	粉奶水 10%5ml
葉面積 (mm ²)	 前面積: 930.138 後面積: 1397.315	 前面積: 338.294 後面積: 502.222
生長率	約 50.2%	約 48.5%

《實驗結果》

- 低量(5ml)埋奶膠法非常適合種子快速發芽並長葉子**，第二週快速長高，但後期莖開始變軟，不適合淺根生長；深根菜苗均無法存活，不適合深根生長。奶膠水法種子發芽後，淺根快速生長，適合淺根生長；深根菜苗均無法存活，不適合深根生長。低量(5ml)粉奶法(5%、10%、15%、20%、25%)均適合種子發芽、淺根生長快速，長得比澆水好，但深根僅 5%、10% 適合生長，以 5% 粉奶最佳。
- 適合淺根、深根植物生長為粉奶水法 5%5ml**。相較澆水生長率，淺根莖平均高度 17.8cm 較澆水(17.8-14.75)/14.75=0.2067 長高約 20.7%，平均重量 0.6g 較澆水(0.6-0.475)/0.475=0.2631 多重約 26.3%，深根葉平均面積 50.2% 較澆水 10.8% 長快速度約 4.6 倍。

實驗 6-2:測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的 PH 值

低量 5ml 奶膠

		埋奶膠法					奶膠水法					粉奶水法					水
		5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	
土壤層種子發芽、淺根	第一週	5.15	5.29	5.03	5.02	4.98	5.04	5.14	4.87	5.18	5.19	5.35	5.39	5.44	5.29	5.38	5.57
		5.28	5.14	5.04	4.79	4.87	4.93	5.21	4.93	5.28	5.64	5.25	5.32	5.52	5.34	5.14	5.48
		5.53	5.51	5.26	5.12	4.99	5.06	5.29	5.12	5.29	5.57	5.45	5.69	5.74	5.75	5.34	5.41
		5.74	5.78	5.10	5.26	5.06	5.17	5.54	5.29	4.66	5.10	5.95	6.08	6.03	6.09	5.91	5.45
	第二週	5.56	5.63	5.50	5.49	5.55	5.52	5.72	5.58	5.71	5.84	6.01	6.05	6.10	6.05	5.93	5.52
		5.70	5.95	5.76	5.68	5.72	5.71	5.87	5.77	5.59	5.83	6.07	6.18	6.29	6.17	6.06	5.62
		5.40	5.59	5.29	5.28	5.70	5.66	5.78	5.44	5.10	5.23	6.02	6.01	6.13	6.01	5.99	5.77
		5.35	5.58	5.43	5.36	5.61	5.63	5.96	5.42	4.71	5.28	5.98	6.18	6.23	6.16	6.06	5.81
	第三週	5.12	5.18	5.07	5.10	5.24	5.26	5.43	5.25	4.57	5.00	6.97	6.11	6.19	6.09	6.06	5.65
		5.11	5.22	5.15	5.16	5.26	5.20	5.28	5.19	4.66	4.95	6.29	6.30	6.35	6.18	6.08	5.85
		5.08	5.31	5.21	5.25	5.31	5.25	5.22	5.09	4.45	4.72	5.97	6.04	6.03	6.02	5.85	5.88
		4.64	5.29	5.17	5.33	5.31	4.64	5.11	4.97	4.36	4.58	6.04	6.12	6.17	6.04	5.93	6.03
平均	5.31	5.46	5.25	5.24	5.30	5.26	5.46	5.24	4.96	5.24	5.86	5.96	6.02	5.93	5.81	5.67	
土壤	第一週	5.04	5.07	5.04	5.06	5.14	5.18	5.39	5.35	5.74	5.66	5.01	5.14	5.04	4.96	5.12	5.35
		5.15	5.20	5.14	5.16	5.20	4.94	5.69	5.59	5.66	5.77	5.11	5.08	5.17	5.02	5.24	5.28

內層菜苗深根	週	5.89	5.88	5.81	5.88	5.88	4.98	5.46	5.36	5.26	5.58	5.87	5.70	5.84	5.95	5.63	5.26
		5.85	5.72	5.65	5.64	5.77	5.21	菜死不再測量	5.26	菜死不再測量	5.98	5.91	5.92	6.11	5.73	5.44	
	菜死不再測量					5.33	不再測量	5.58	不再測量	5.95	5.94	5.96	6.05	不再測量	5.49		
	第二週					5.38		5.55		5.68	5.72	5.76	5.83		5.58		
						5.12		5.63		5.96	6.01	6.09	6.11	5.61			
						5.10		5.53		6.29	6.27	6.16	葉軟	5.64			
						5.25		5.45		6.07	6.03	6.05	不再測量	5.82			
						5.19		5.10		6.30	6.24	6.15	不再測量	5.73			
平均	5.48	5.47	5.33	5.44	5.41	5.17	5.51	5.44	5.55	5.67	5.82	5.80	5.81	5.72	5.43	5.52	

《實驗結果》低量(5ml)埋奶膠法、奶膠水法 PH 值(5~5.5)均略酸，**植物後期生長失敗**。粉奶法植物存活條件:淺根 5%~25% PH 值 5.8 以上，深根 5%、10% PH 值 5.8 以上，均相近澆水土壤液，植物生長也比澆水好，更適合生長。

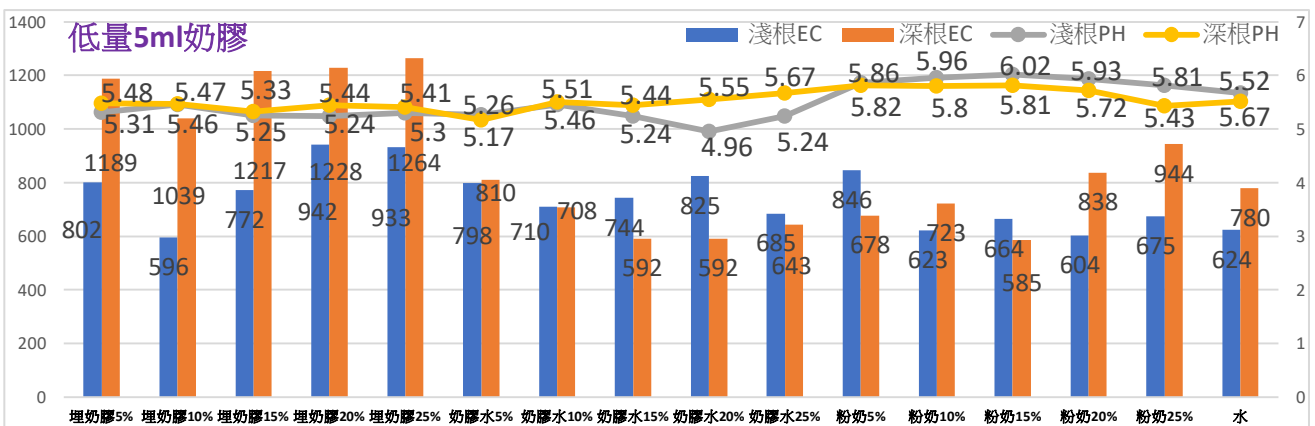
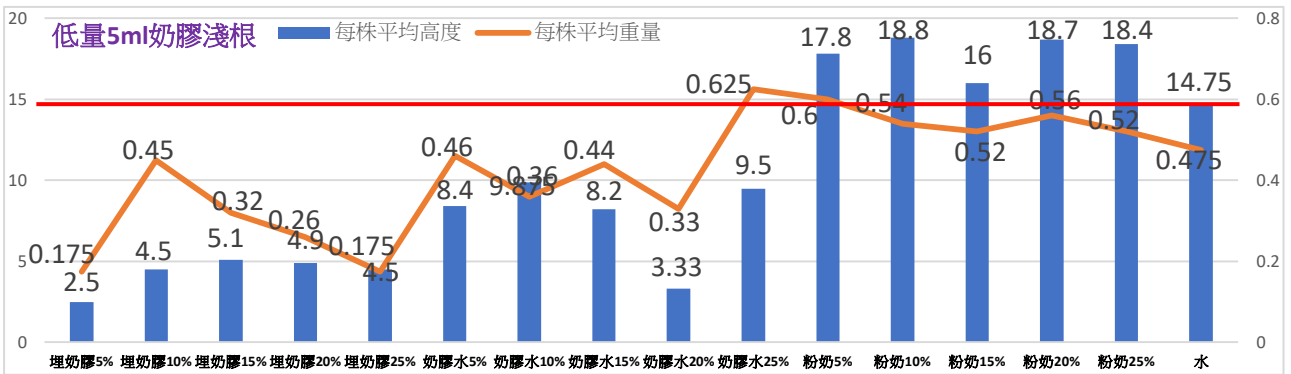
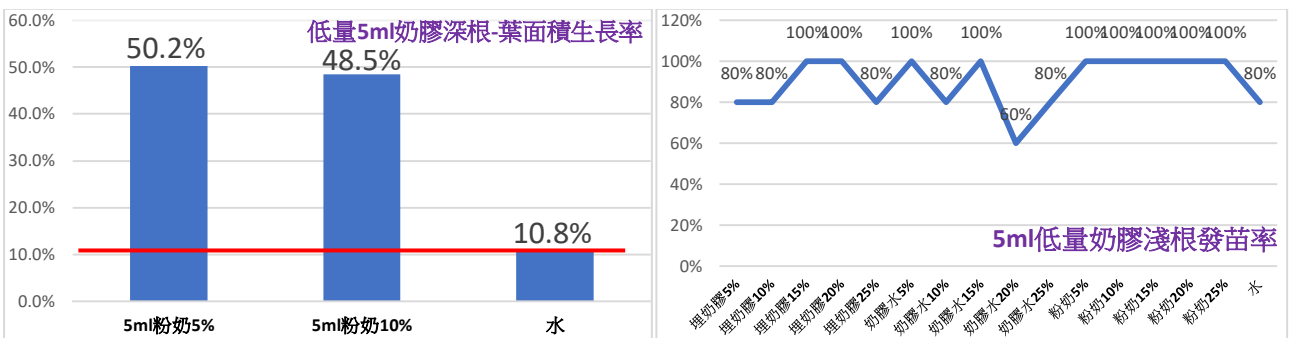
實驗 6-3:測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的導電度(EC)

低量 5ml 奶膠

		埋奶膠法					奶膠水法					粉奶水法					水
		5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	
土壤表層種子發芽、淺根	第一週	1139	803	1102	1423	1269	868	925	1107	868	895	1333	1072	821	1094	1131	605
		878	1294	1062	2155	1512	1216	1062	1080	864	668	1748	1305	1275	1221	1311	757
		895	895	965	1629	1734	1333	946	1181	837	722	1467	952	1153	880	1083	794
		700	609	1242	1126	1374	965	950	851	790	543	1196	688	894	664	729	660
	第二週	530	431	708	673	806	678	689	617	739	407	944	597	701	544	633	803
		601	470	680	690	859	779	712	625	862	554	808	504	566	462	523	883
		495	419	581	638	611	611	530	537	758	611	431	477	504	444	507	641
		556	455	618	669	647	628	513	590	965	669	415	445	501	444	494	674
	第三週	1547	383	520	530	532	495	407	520	717	583	387	396	440	387	444	418
		605	474	599	637	644	617	556	576	751	739	560	349	385	366	404	485
620		442	569	578	609	605	574	587	800	800	560	343	355	366	424	401	
1053		476	620	558	600	778	652	657	954	1024	299	342	371	380	415	362	
平均	802	596	772	942	933	798	710	744	825	685	846	623	664	604	675	624	
土壤深層菜苗深	第一週	1675	1717	1701	1701	1528	1075	803	834	583	714	1569	1462	1549	1660	1391	882
		1415	1275	1391	1380	1264	1288	697	725	632	632	1475	1569	1197	1468	1048	1066
		973	560	560	1158	999	1129	625	755	560	583	647	784	567	702	647	1084
		694	605	644	673	663	819	菜死不再測量	697	菜死不再測量	725	784	569	644	691	921	
	菜死不再測量					605	死	509	不再測量	549	681	431	512	菜死	806		
						660	不	520		474	569	374	461	不再	822		
					682	再	503	466		494	342	420	測量	669			

根	週					640	測	470			277	290	278	葉軟		518	
						563	量	532			329	326	278	不再		543	
						640		375			273	275	267	測量		491	
								葉萎									
平均		1189	1039	1217	1228	1264	810	708	592	592	643	678	723	585	838	944	780

《實驗結果》深根埋奶膠法土壤液導電度(EC)為施肥幾天後，植物無法存活後不再測量，故導電度(EC)平均值高。粉奶水法因黏稠的粉奶膠與土壤混合，使離子附著在土壤內保肥度佳，測得導電度(EC)較澆水土壤液低。



陸、討論

1.果膠結塊的秘密?果膠的稠度、黏度、保濕度的關係?果膠加糖可提升各項效果?

答: ①由研究一實驗中發現，不同果皮果膠的狀態不太一樣，柚膠、橘膠大結塊且硬，柳膠、百香果膠小結塊，香蕉果膠呈水狀，我們設計測量稠度的科學方法表達果膠的狀態，測

得結塊程度與 PH 值:柚膠(4.83)<橘膠(5.11)<柳膠(5.67)<百香果膠(6.29)<香蕉果膠(6.98)排序完全符合，**酸鹼度 PH 值越小(越酸)凝結塊最大，PH 值越大(越鹼)凝結塊最小，越不利凝**

結，推論果膠自身 PH 值剛好符合了果膠凝結的條件，查詢果膠化為凝膠的最佳條件是酸鹼度(PH 值)介於 2.8~3.5，實驗結果揭開了不同果皮果膠結塊程度不同的秘密。②由研究二實驗結果柚膠稠度最大，黏度最大，保濕度也最好，稠度、黏度、保濕度有高度正相關。③由研究二實驗結果柚膠加糖可提升各項效果，果膠自帶負電荷無法與水結合，此時加入糖，**糖分子能吸住果膠中的水分子與水的結合，同時讓果膠分子間更緊密結合在一起，水分漸漸蒸發後，形成一層無水緊密的果膠膜層以隔絕空氣減緩水果熟成**。

2.本研究柚膠加糖製作天然環保膠水，是否可適用其他種類果皮的果膠?

答:由研究二、三實驗得知，每種果膠稠度都不一樣，加糖可提升黏著度，但基準點稠度不同，50ml 果膠加 10 g 糖，高溫 70°C 烘 30 分後，黏著度未必能達到本研究柚膠加糖的黏著度，故本實驗研究結果僅適用柚膠。

3.減緩水果熟成(隔絕氧化)實驗為何選擇香蕉?

答:香蕉熟成期短，2~3 天即可看見香蕉從綠皮漸變黃皮且表皮黑點面積也易觀察，以電腦軟體 Image J 測量黑點百分比表示隔絕氧化的程度。

4.做為土質改良劑?

答:由研究四實驗結果，果膠可提升土壤的肥沃度、保肥度、保濕度、含水量，利用**果膠黏稠的特性**，是個**良好的土壤天然黏著劑**，可**做為山坡地鬆散的土質改良劑，提高土壤含水量、保水性、土壤黏著性，防止土壤龜裂鬆散崩塌，防止土壤流失與土石流**。

5.三種施肥法的優缺點?粉水(奶)法適合於各種植物生長嗎?粉水(奶)法是否適用其他四種水果果皮果膠?最佳施肥法為何?

答: ①一般的施肥方式為澆水灌溉法，我們設計以不同施肥法對植物的影響；考量膠狀果膠需低溫密封冷藏也有期限的問題，乾粉可長久保存，粉水法是為了方便長久保存而設計；埋膠法設計是可以減少澆水的次數。②由研究五實驗結果(a)**低量(5ml)埋膠法具有高穩定保水度**使種子發芽非常快速，高量(30ml)埋膠法土壤液 PH 值太酸且高濃度、滲透壓大不適淺根生長；(b)低量(5ml)膠水法和水的比例 1: 9 稀釋 PH 值仍略酸、濃度尚可，前期長得高，但後期植物莖軟生長失敗，建議未來實驗可修正稀釋調整為 1:19，預測應可達植物生長條件。

(c)粉水法和水比例為 2g:100ml 經大量水稀釋、粉奶法(5%、10%)5ml 土壤液 PH 值相近澆水土壤液，低濃度滲透壓小，故適用於各類植物的生長，也長得比澆水好。③本研究以柚膠為主，柚膠為五種果膠中最酸，故本實驗結果可適用其他四種果膠。④最佳施肥法為種子以低量(5ml)5%埋奶膠法縮短發芽時間，發芽後改以低量(5ml) 5%粉奶法生長縮短收成期。

6.植物生長的秘密與生存條件?

答:①由研究五、六-植物生長情形、土壤液 PH 值，(a)相近的土壤液 PH 值【埋膠法(高濃度)、膠水法(中濃度)】不同濃度:埋膠法(10~30ml)與膠水法(10ml/50ml~30ml/50ml)土壤液 PH 平均值相近，但植物生長情形卻大不同，膠水法(中濃度)植物可存活天數長，埋膠法(高濃度)植物卻是在幾小時後死亡，高濃度、滲透壓大使植物根部細胞缺水，植物立刻死亡，推論植物對高濃度施肥液容忍度低。(b)相近的低濃度(粉水法)不同土壤液 PH 值:粉水法(0.2~0.8/50ml)較粉奶法 5ml (5%、10%)濃度更低，實驗得知植物存活條件:粉水法(0.2~0.8/50ml)土壤液 PH 平均值 5.6↑，粉奶法 5ml (5%、10%)土壤液 PH 平均值 5.8↑，推論再更降低低濃度施肥液的濃度可使植物對土壤的酸性範圍容忍度更增大。(d)植物對施肥液的濃度敏感度較 PH 值(酸鹼性)來的更為敏銳。②植物的生存條件:土壤液:濃度、PH 值均需達到植物存活條件，植物才能生長。本實驗設計提供未來揭開各種植物的特性、生存密碼之參考方法。

7.果膠牛奶施肥與牛奶施肥有何差異?

答:果膠有黏稠的特性，可以幫助牛奶鎖住在土壤裡，防止營養流失，水沒有，所以牛奶施肥營養容易流失，故果膠牛奶施肥優於牛奶施肥。

柒、結論

- 1、五種果皮以文旦柚皮、橘子皮萃取的果膠量最多。PH 值:柚膠約(4.8)，橘膠、柳膠約(5)，百香果膠、香蕉果膠約(6)。柚膠、橘膠的稠度最大，柳膠、百香果膠稠度較差。柚膠、橘膠可減緩水果熟成度(隔絕氧化)為不塗膠的約 1/2。果膠均具有保溼效果。以柚膠、橘膠保溼效果最好，保水量比水多一倍。柚膠、橘膠、柳膠、百香果膠的糖度(16~18) (Brix)、密度(0.92~0.95) (g/cm^3)均差不多。柚膠、百香果膠導電度(EC)高。
- 2、柚膠加糖可更提升稠度、保溼度、減緩水果熟成(隔絕氧化)的效果，加酸、鹼、鹽(鈉離子)、氯化鈣(鈣離子)均會降低稠度，使原膠狀呈現水狀。以 50ml 柚膠加 10g 糖稠度最大，50ml

柚膠加 20g 糖保溼度最好，減緩水果熟成(隔絕氧化)為不塗膠的約 1/6。

3、50ml 柚膠加 10g 糖稠度最大，在不同脫水程度下，以高溫 70°C 烘 30 分，此時測得糖度為 33(Brix)，黏貼承載重量最重，黏著性最強，接近市售膠水。

4、室溫組(20°C)三種施肥法果膠均具有土壤保溼效果，粉水法土壤含水量最高。果膠膠狀使土壤保有黏稠性幫助土壤鎖住營養，防止土壤營養流失，保肥度佳，能提升土壤的肥沃度，保溼度佳，可延長施肥或澆水的天數。高溫組(35°C)以粉水法保溼效果最好，三種施肥法果膠均可提升土壤含水量高，在高溫下會破壞果膠的膠狀漸漸成水狀，離子營養隨水流出且因大量吸水，果膠流失快，需縮短施肥天數。高、低溫組，埋膠法總吸水量最少，第一次與最後一次土壤含水重最穩定，保水度最好；粉水法土壤液 PH 值接近澆水土壤液。

5、粉水法適合植物生長，相較澆水生長率，**生長最優的最佳比例:粉水法 0.8g/50ml** 淺根綠豆苗莖高度長高約 6.3%、重量多重約 5.5%，深根小白菜葉長快速度約約 2.3 倍。

果膠		低量 5ml			高量 10ml、20ml、30ml		
施肥法		埋膠法	膠水法	粉水法(0.2g)	埋膠法	膠水法	粉水法(0.4g、0.6g、0.8g)
表層	發芽	快速發芽	發芽	緩慢發芽	不發芽	不發芽	緩慢發芽
		○	○	○	X	X	○
	淺根	有芽長葉，不長高	快速生長，後期莖漸軟	快速生長，高度最高	不長根	不長根	粉膠量越多，高度也越高
		X	X	○	X	X	○
內層	深根	葉漸軟，生長失敗	存活，後期生長失敗	可存活	菜死	菜死	可存活
		X	X	○	X	X	○
PH		偏酸	略酸	相近澆水土壤液	太酸	太酸	相近澆水土壤液
		X	X	○	X	X	○

6、粉奶法低量(5%、10%)5ml 適合植物生長。相較澆水生長率，**生長最優的最佳比例:粉奶法 5%5ml** 淺根綠豆苗莖高度長高約 20.7%、重量多重約 26.3%，深根小白菜葉長快速度約 4.6 倍。粉奶法黏稠的奶膠水與土壤混和使土壤較黏稠，土壤表層有著大量的奶粉細粒，使離子附著在土壤內(保肥度佳)不易隨水流出，能有效鎖住果膠牛奶的營養。

奶膠比例		低量 5ml(5%、10%、15%、20%、25%)		
施肥法		埋奶膠法	奶膠水法	粉奶水法
表	發芽	快速發芽，5%發芽最快速	發芽	發芽

層		○	○	○
	淺根	快速長高，後期莖變軟 X	淺根快速生長 ○	快速生長，長得非常高 ○
內層	深根	無法存活 X	無法存活 X	5%、10%存活 ○
	PH	偏酸 X	偏酸 X	5%、10%、15%相近澆水土壤液 ○

7、果膠好處多，本實驗成功做出保溼效果、減少水果熟成(隔絕氧化)、環保膠水與果膠牛奶天然肥料，值得推廣。粉膠加發酵後過期牛奶導電度(EC)高，營養更加倍且施肥僅需低量，5%5ml 粉奶法是植物生長最優的最佳配方，一週施肥一次，量不需多也不浪費。

捌、未來展望

果皮再利用有無限的商機。未來可朝研究果膠牛奶高單位精華液對植物果實肥大與甜度的影響，走向高經濟價值的精緻化農業、土質改良劑、保溼霜、護唇膏、果膠面膜、延長蔬果保鮮液、家禽畜飼料添加奶膠營養品等，天然、環保、零污染。

玖、參考資料

- 1.何梓華、翁婉榆、曾旭宏。「醬」新獨具一低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討。第 58 屆中小學科學展覽會。高級中等學校組 農業與食品學科。
- 2.國立台南海事水產職業學校 (2011 年 11 月 13 日)。篇名：水果之果膠量比一比。擷取自：
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2005/10/2005102815465744.pdf>
- 3.全國高職學生 103 年度專題暨創意競賽-農業群-植體廢棄物的膠傲—植物體廢棄物萃取果膠之研究。
- 4.不同条件下锦橙皮渣果胶的黏度分析. 钟瑞，王宇明，陈鹏，王鲁峰，胡昊，王可兴*. (华中农业大学食品科学技术学院，湖北武汉 430070)。
- 5.蔡辰陽、黃郁竣、施乃中。自製「斤斤計膠」的膠水。第 50 屆中小學科學展覽會。國小組 化學科。
- 6.臺南區農業專訊 88 期 2014 年 06 月-農業灌溉水之認識與管理應用。
- 7.農業試驗所農業化學系-羅淑卿、林木連-(2001/3 月/第 45 期)-認識果膠。
- 8.牛奶對植物的影響。邱璿。郭書瑜。廖郁欣。國立霧峰高級農工職業學校。投稿農業類。

【評語】 080206

本研究探討果皮再利用，作為肥料、土壤保水劑，主題生活化，且自行設計測量方法，具有創意值得嘉許，但不夠周延，容易造成人為的實驗誤差。另外建議應說明實驗設計其變因的選擇，以及為何研究稠度、保濕度、膠量、密度……等性質，再者本研究的萃取物是否為單純的果膠是需要深入探討的。

摘要

文旦柚果皮膠量、稠度(Consistency)、保濕度、減緩水果熟成為五種果皮最優。柚膠加砂糖可提升各項效果，50ml柚膠加20g糖保濕度最好、減緩水果熟成為不塗膠的1/6，50ml柚膠加10g糖在高溫70°C烘30分鐘時糖度為33(Brix)黏著度最大，接近市售膠水。果膠可提升土壤的肥沃度、保肥度、保濕度、含水量。設計三種施肥法以粉(奶)水法適合植物生長，相較澆水生長率，生長最優的最佳比例：①粉水法0.8g/50ml淺根綠豆苗莖高度長高約6.3%、重量多重約5.5%，深根小白菜葉長快速度約2.3倍。②粉奶法5%5ml淺根綠豆苗莖高度長高約20.7%、重量多重約26.3%，深根小白菜葉長快速度約4.6倍。種子以5%5ml埋奶膠法發芽最快速，發芽後以5%5ml粉奶法可縮短收成期。本研究結果值得推廣。

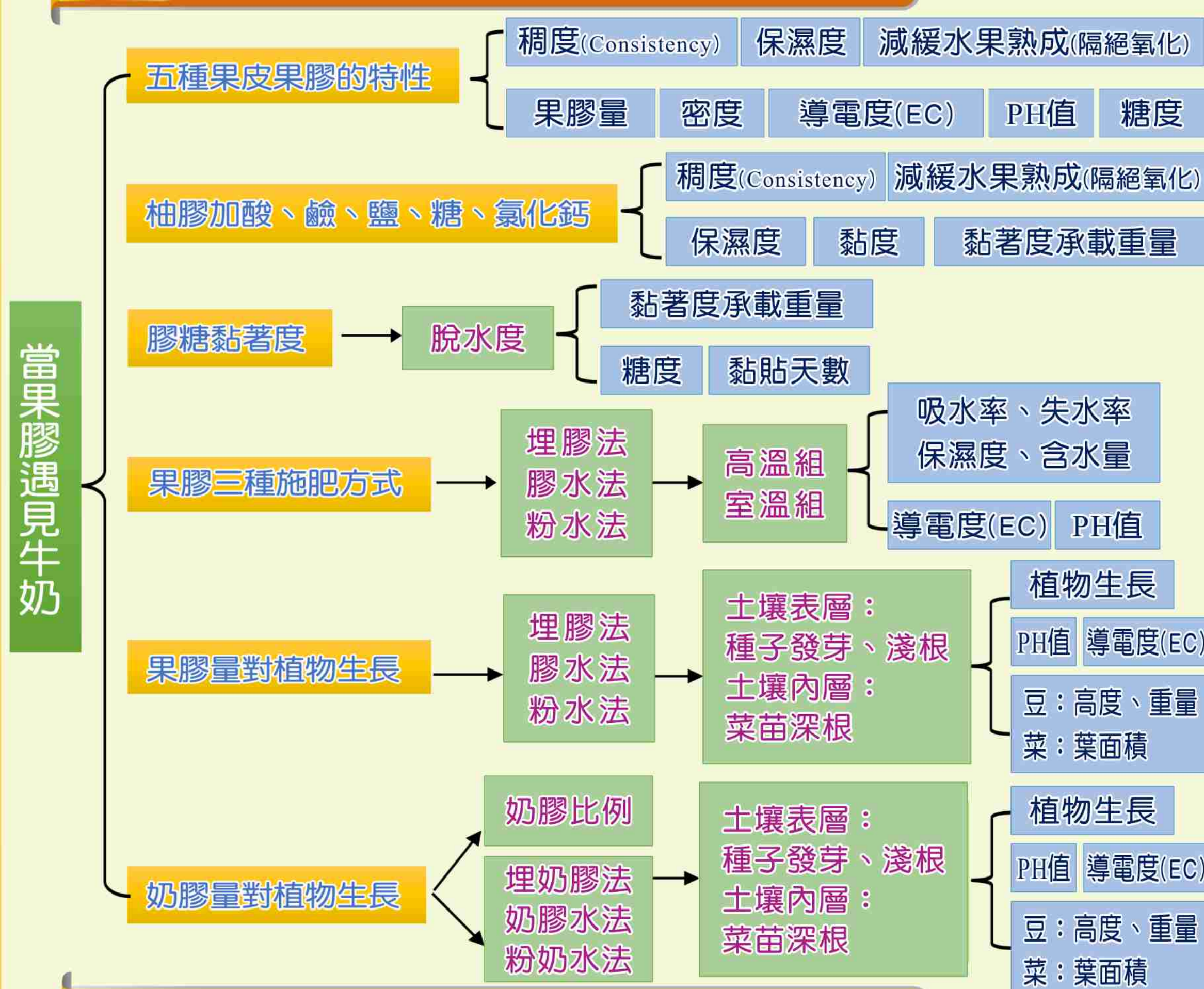
研究動機

學校營養午餐一天的水果皮量相當驚人，直接丟棄徒增垃圾量也覺得浪費，果皮的再利用引起我們的興趣，查詢資料得知果皮含有果膠，電視廣告甚至有賣果膠的保健食品，更引起我們想揭開果膠秘密的動力，我們試著想把果皮變黃金，將果膠做其他用途，如環保膠水、減緩水果熟成(隔絕氧化)、果膠施肥和果膠加過期牛奶當天然肥料的可能性。

研究目的

- 一、五種常見果皮果膠在稠度、保溼度、膠量、減緩水果熟成(隔絕氧化)何者最優。
- 二、果膠加酸、鹼、鹽、糖、鈣之混合液提升保溼度、稠度、減緩水果熟成的可能性。
- 三、柚膠加糖的最佳混合比例，在製作環保膠水的最大黏著性、減緩水果熟成的最佳效果與高保溼度的可能性。
- 四、果膠量與施肥方式對高溫與室溫的土壤保溼效果。
- 五、果膠量與施肥方式對植物生長的影響。
- 六、奶膠比例與施肥方式對植物生長的影響。

研究架構及流程



研究過程與方法

一、測量方法

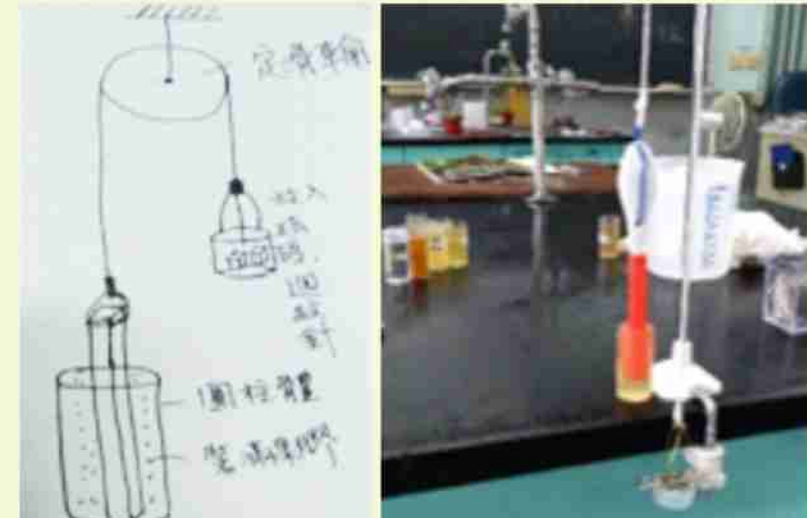
方法一：稠度(Consistency)

以全新開封針筒直徑1.5cm、10ml的容量，裝滿10ml的不同果皮果膠，在針筒活瓣上方放置重量290g的砝碼，計時活瓣從刻度10ml到0ml所測量的秒數，測量不同果皮果膠的稠度(Consistency)。



方法二：黏度

固定架固定定滑輪，一端繩綁住塑膠材質長方體柱(1cm×1cm×10cm)沒入10個大小相同的果膠混合液圓柱體中心接觸到底部，另一端繩綁住U型容器慢慢加入迴紋針數量，測量長方體柱被往上拉的瞬間，迴紋針與U型容器的總重，測量黏度。



方法三：黏著度承載重量

以水彩筆沾混合液塗抹在長寬一樣的長條紙上端約2cm×3.5cm的面積，填貼於紙箱板上，釘牢於公佈欄上靜置3天至混合液全乾，長方形紙張下方以燕尾夾夾住紙張並以膠帶黏貼夾子與紙張接縫處加強固定，下方掛U型容器慢慢加入砝碼至紙張上端完全從紙板上脫落，測量U型容器總重量為黏著度承載重量。



方法四：葉面積生長率：(後測面積-前測面積)/前測面積

Image J像素分析，是提供一個可以將圖像(不規則圖形、色塊面積)定量的軟體

小白菜一葉，放公分尺拍照，生長2週，施肥2次，同一葉拍照，以電腦影像軟體Image J測量出葉的前、後測面積。



方法五：香蕉熟成度(隔絕氧化)

同一串未成熟全綠香蕉的表皮，拍未塗抹前照，以水彩筆沾不同果膠塗抹整根香蕉表皮，靜置於陰涼處數小時後，拍塗抹後照，以電腦影像軟體Image J使用HSB法，依香蕉黑點之色澤(深色：黑色系、咖啡色、褐色)以達最完整的取樣。測量出香蕉黑點所佔的百分比。



方法六：導電度(Electrical conductivity, EC)測試器



方法七：PH值測試器



方法八：0-90(Brix)糖度計



方法九：密度

以直徑1.5cm、10ml的容量針筒吸取體積10ml果膠，秤重後扣除空針筒重，密度=重量/體積，計算果膠的密度。

方法十：保溼度

化妝棉加10ml的水，表層覆蓋一層紗布，紗布上層塗抹厚度相同的不同果膠，測量前重量，靜置於陰涼處數小時，測量後重量，計算含水量。

方法十一：失水率 吸水率

失水率=(昨日加水後重-今天乾重)/昨日加水後重。
吸水率=(每日加水後重-每日乾重)/每日乾重。

二、各溶液的導電度(EC)、PH值

	自來水	柚膠	粉水 0.2g/50ml	粉水 0.4g/50ml	粉水 0.6g/50ml	粉水 0.8g/50ml	柚膠水 5m/50ml	柚膠水 10m/50ml	柚膠水 20m/50ml	柚膠水 30m/50ml
EC	176	330	360	507	646	800	281	350	417	440
PH	7.32	4.83	6.85	6.68	6.16	5.47	6.99	6.89	5.36	5.05
	發酵牛奶	奶膠5%	奶膠10%	奶膠15%	奶膠20%	奶膠25%	粉奶5%	粉奶10%	粉奶15%	粉奶20%
EC	7523	644	867	978	1116	1272	1736	2208	2772	3210
PH	5.65	4.93	4.91	4.92	4.91	4.99	3.78	3.86	3.95	4.00

研究一：不同水果皮的果膠特性？

實驗 1-1：五種果皮果膠的果膠量、PH值、糖度、密度、導電度

果皮種類	文旦柚皮	橘子	百香果	柳丁	香蕉
果膠量	果膠量太多，>10ml，不結塊，呈水狀	果膠量太少，<10ml，不結塊，呈水狀	果膠量太少，<10ml，不結塊，呈水狀	果膠量太少，<10ml，不結塊，呈水狀	果膠量太少，<10ml，不結塊，呈水狀
結塊程度	結大團像果凍	結大塊	結小粒	結小塊	不結塊，水狀
顏色	暗橘色	黃色	透明淡白色	淡黃色	淡褐色
果膠量	42.5/100=42.5%	50/100=50%	35/100=35%	25/100=25%	5/100=5%
PH值	4.83	5.11	6.29	5.67	6.98
糖度(Brix)	16	16	17	18	16.5
密度(g/cm³)	(16-6.5)/10 = 0.95	(15.7-6.5)/10 = 0.92	(15.7-6.5)/10 = 0.92	(15.8-6.5)/10 = 0.93	膠量太少，無法測得
導電度(EC)	330 μs/cm	288 μs/cm	516 μs/cm	258 μs/cm	無法測得

實驗 1-2：果膠的稠度

時間	文旦柚膠	橘膠	百香果膠	柳膠	香蕉
測量一	14.8	12.5	6.6	7.9	膠量太少，呈水狀膠量太少，無法測得
測量二	15.0	13.1	6.9	8.0	
測量三	16.7	14.5	7.0	8.3	
平均(sec)	15.5	13.3	6.8	8.0	

實驗 1-3：果膠的保溼度

化妝棉 0.7g	文旦柚膠	橘膠	百香果膠	柳膠	水
靜置 36 小時					
棉+盤子	6.1	6.0	6.0	5.8	6.1
棉+盤子+水	20	20.4	20	19.6	18.6
棉+盤子+水 10ml(去紗)	9.8	9.5	8.8	8.4	8.0
剩下水重	9.8-6.1=3.7	9.5-6=3.5	8.8-6=2.8	8.4-5.8=2.6	8-6.1=1.9
Δ保溼度	3.7/10=37%	3.5/10=35%	2.8/10=28%	2.6/10=26%	1.9/10=19%

實驗 1-4：果膠對減緩香蕉熟成(隔絕氧化)的效果

	文旦柚膠	橘膠	百香果膠	柳膠	不塗
靜置陰涼處 66 小時					
電腦影像軟體 Image J					
黑點相素	全部:85641 黑色:1892 比例:0.02209 約 2.2%	全部:82615 黑色:2383 比例:0.028845 約 2.9%	全部:96063 黑色:10884 比例:0.1133 約 11.3%	全部:85463 黑色:8618 比例:0.10084 約 10.1%	全部:23495 黑色:1070 比例:0.04554 約 4.6%



研究二：柚膠加酸、鹼、鹽、糖、氯化鈣對黏度的影響？

實驗 2-1：柚膠加入酸、鹼、鹽(鈉離子)、糖、氯化鈣(鈣離子)的稠度

時間	檸檬汁 PH2.7	小蘇打 PH8.8	食鹽 5g	食鹽 10g	糖 10g	糖 20g	氯化鈣 5g	氯化鈣 10g	柚膠
測量一	4.6	7.5	3	3	19.8	16	3.7	6.1	14.8
測量二	4.5	7.8	2.5	2.9	21.4	16.4	3.7	6.2	15.0
測量三	4.7	7.6	2.5	2.7	22.9	15.9	3.6	6	16.7
平均(s)	4.6	7.63	2.66	2.86	21.36	16.1	3.66	6.1	15.5

實驗 2-2：柚膠加酸、鹼、鹽、糖、氯化鈣與市售膠水的黏度

50ml 柚膠	檸檬汁 PH2.7	小蘇打 PH8.8	食鹽 5g	食鹽 10g	糖 10g	糖 20g	氯化鈣 5g	氯化鈣 10g	柚膠	市售膠水
測量一	16.7	18.3	16.9	17.4	22.7	21.3	16.5	17	19.8	20
測量二	16.7	18.5	16.7	17.5	22.8	21.5	16.5	17	19.6	20
測量三	16.6	18.3	16.9	17.5	22.8	21.1	16.3	17	19.6	20
平均(g)	16.6	18.3	16.8	17.6	22.7	21.3	16.4	17	19.6	20

實驗 2-3：黏貼的承載重量 紙張承載重量、三天(不掉落○，掉落X)

黏貼紙張	檸檬汁 PH2.7	小蘇打 PH8.8	食鹽 5g	食鹽 10g	糖 10g	糖 20g	氯化鈣 5g	氯化鈣 10g	柚膠
第 1 天	○	○	○	X	○	○	○	X	○
第 2 天	○	○	○	X	○	○	○	X	○
第 3 天	○	○	X	X	○	○	○	X	○
重量(g)	約 26	約 42	X	X	約 432	約 42	約 40	X	約 4

實驗 2-4：柚膠加不同糖量的保溼度

棉 0.7g	柚膠	50ml 柚膠+10g 糖	50ml 柚膠+20g 糖	水
靜置 54 小時				
棉+盤子	6.1	5.6	6.2	6.2
棉+盤子+10ml 水+塗果膠紗布	17.7	17.2	17.9	17.1
棉+盤子+10ml 水(去紗)	6.3	5.9	7.7	6.2
剩下的水量	0.2	0.3	1.5	0
Δ保溼度	0.2/10=2%	0.3/10=3%	1.5/10=15%	0/10=0%

實驗 2-5: 柚膠加不同糖量對減緩香蕉熟成(隔絕氧化)的效果

不塗	50ml 柚膠+10g 糖	50ml 柚膠+20g 糖
靜置陰涼處 34 小時		
電腦影像軟體 Image J		
黑點相素	全部: 7661 黑點: 656	全部: 7278 黑點: 305
黑點百分比	比例: 0.08563 約 8.6%	比例: 0.04191 約 4.2%



研究三: 柚膠加不同糖量對黏著度的影響?

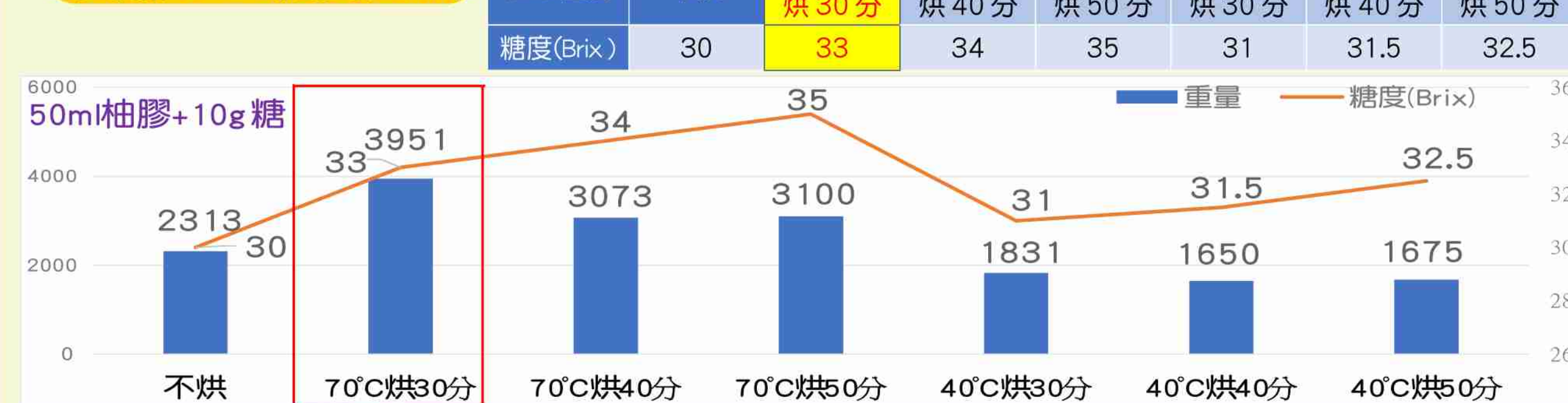
實驗 3-1: 黏著天數	50ml 柚膠+10g 糖去水分	不烘	高溫 70°C				溫度 40°C				
			烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	烘 50 分		
黏著天數	一個月	一個月	一個月	一個月	一個月	一個月	一個月	一個月	一個月	一個月	一個月
	不掉	不掉	不掉	不掉	不掉	不掉	不掉	不掉	不掉	不掉	不掉

實驗 3-2: 黏著度承載重量

說明: 紙張為一般 70 磅 A4 紙, 測量以市售膠水黏貼的黏著度最大承載重量約 4200g。

黏貼承載重量	不烘	高溫 70°C				溫度 40°C				市售膠水
		烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	烘 30 分	烘 40 分	烘 50 分	烘 50 分		
測量一	2290	3803	3074	3000	1756	1600	1650	1650	紙張斷裂	
測量二	2300	4100	3061	3100	1887	1650	1700	1700	紙張斷裂	
測量三	2350	紙張斷裂	3085	3200	1850	1700	1675	1675	紙張斷裂	
平均(g)	2313	3951	3073	3100	1831	1650	1675	1675	紙張斷裂	

實驗 3-3: 糖度(Brix)



研究四: 柚膠的不同施肥方式對土壤的保濕度如何?

實驗 4-1: 土壤的保濕度(失水率、吸水率)

(1) 室溫組	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	最後一次失水率	失水率	吸水率					
										後重	乾重	後重	乾重	後重
水	1139	1101	1221	1193	1219	1199	122	1184	1213	1174	120.5	0.027	0.040	
埋膠法	1201	1178	125	1228	1258	1239	124	121.7	1229	120	123.1	120.5	0.027	0.040
膠水法	1218	1189	1269	1248	126	1237	124	121.2	1222	1188	119.4	120.5	0.020	0.049
粉水法	1233	121	1238	1229	1246	1233	1239	120.7	1234	1192	123	120.5	0.020	0.049
埋膠法	1088	1065	127.7	1259	128.7	1264	1269	124.6	1263	1237	127.2	120.5	0.020	0.049
膠水法	1129	1105	126.1	1238	125.6	1231	123.7	120.7	121.4	118.7	121.2	120.5	0.020	0.049
粉水法	1096	107	128.8	1269	129.5	1268	128	125.4	128.2	124.6	127.1	120.5	0.020	0.049
埋膠法	104.7	102.6	125.7	1242	126.5	1248	126.8	124.8	126.9	124.8	127.2	120.5	0.020	0.049
膠水法	101.6	98.6	129	1265	126.9	124.9	127.3	125.4	128.2	126	129.1	120.5	0.020	0.073
粉水法	100	97.7	131.8	1255	126.4	1236	125.5	123.3	126.4	124.1	127.1	120.5	0.020	0.073

實驗 4-2: 測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的導電度(EC)

(1) 室溫組	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
水	917	897	780	703	692	646	773
埋膠法	666	770	811	776	789	880	782
膠水法	897	996	804	648	651	664	777
粉水法	780	814	720	608	770	741	739
埋膠法	616	811	669	644	712	612	677
膠水法	564	996	614	525	491	636	681
粉水法	1113	974	633	544	537	777	730
埋膠法	880	735	767	690	692	669	739
膠水法	663	801	814	753	730	636	733
粉水法	1132	908	811	733	735	664	831

實驗 4-3: 測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的 PH 值

(1) 室溫組	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
水	5.78	5.83	5.88	5.89	5.94	6.43	5.96
埋膠法	5.38	5.63	5.81	5.05	5.04	5.03	5.32
膠水法	5.32	5.58	5.79	5.77	5.71	5.44	5.60
粉水法	5.53	5.47	5.72	5.85	5.59	5.00	5.53
埋膠法	5.74	5.75	5.76	5.68	5.23	5.23	5.57
膠水法	5.51	5.36	5.75	5.72	5.48	5.10	5.49
粉水法	5.46	5.52	5.61	5.54	5.63	5.57	5.56
埋膠法	5.57	5.92	5.94	5.83	5.85	5.95	5.85
膠水法	5.69	5.97	5.88	5.71	5.77	5.98	5.83
粉水法	5.65	6.00	5.95	5.55	5.40	5.54	5.68

(2) 高溫組

(2) 高溫組	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	平均
水	5.82	5.72	5.78	5.95	5.82	5.10	5.87
埋膠法	5.40	5.63	5.86	5.99	5.94	5.16	5.66
膠水法	5.27	5.47	5.98	5.94	5.97	5.53	5.69
粉水法	5.40	5.45	5.73	5.83	5.90	4.65	5.49
埋膠法	5.74	5.74	5.65	5.67	5.81	5.52	5.69
膠水法	5.55	5.43	6.00	5.99	5.85	5.03	5.64
粉水法	5.46	5.52	5.65	5.70	5.89	4.58	5.47
埋膠法	5.87	6.02	5.95	5.97	6.06	6.05	5.99
膠水法	5.97	6.06	5.91	6.07	6.06	6.02	6.02
粉水法	5.88	5.87	5.74	5.42	5.1	5.38	5.57



研究五: 果膠量與施肥方式對植物的生長影響?

實驗 5-1: 不同柚膠量與不同施肥方式對植物生長的情形

埋膠法	第一週	發芽	淺層-綠豆苗淺根			深層-小白菜苗深根			
			第一週	第二週	第三週	第一週	第二週	第三週	
5ml	快速發芽	4	緩慢生長	有芽有葉不長高	見表一	存活	葉軟	生長失敗	
10 ml	不發芽	0	不適合生長	不適合生長	見表一	苗死	不適合生長	不適合生長	
20 ml	不發芽	0	不適合生長	不適合生長	見表一	苗死	不適合生長	不適合生長	
30 ml	不發芽	0	不適合生長	不適合生長	見表一	苗死	不適合生長	不適合生長	
膠水法	5ml/50ml	發芽	4	快速生長	但莖變軟生長失敗	見表一	存活	葉軟	生長失敗
10ml/50ml	緩慢發芽	3	生長失敗	生長失敗	見表一	存活	葉軟	生長失敗	
20ml/50ml	不發芽	0	不適合生長	不適合生長	見表一	苗死	不適合生長	不適合生長	
30ml/50ml	不發芽	0	不適合生長	不適合生長	見表一	苗死	不適合生長	不適合生長	
粉水法	0.2g/50ml	緩慢發芽	4	快速生長	見表一	存活	存活	見表二	
0.4g/50ml	緩慢發芽	4	快速生長	見表一	存活	存活	見表二	見表二	
0.6g/50ml	緩慢發芽	4	快速生長	見表一	存活	存活	見表二	見表二	
0.8g/50ml	緩慢發芽	5	快速生長	見表一	存活	存活	見表二	見表二	
水	發芽	4	快速生長	見表一	存活	存活	見表二	見表二	

表一: 豆苗	3週	埋膠法 5ml		膠水法 5ml/50ml		水	
		發芽率	平均高度 (cm)	平均重量 (g)	發芽率	平均高度 (cm)	平均重量 (g)
		80%	2+2+2+2.5=8.5	0.8g/4=0.2	80%	9+1+8+7=25	25/4=6.25
		80%	8.5/4=2.125	1.5g/4=0.375	80%	16.5+16+12+14.5=59	59/4=14.75
		80%	0.2g/4=0.05	0.4g/4=0.1	80%	19+18+17+11=65	65/4=16.25
		80%	0.6g/4=0.15	0.8g/4=0.2	100%	19+16+16+15+15=69	69/4=17.25
		80%	1.9g/4=0.475	2.5g/4=0.625	100%	81+81+5=166	166/4=41.5

表二: 葉面積	2週	粉水法				水
		0.2g/50ml	0.4g/50ml	0.6g/50ml	0.8g/50ml	
葉前測 (mm²)		1351.846	1121.032	1187.279	1365.915	1735.315
葉後測 (mm²)		1610.061	1316.498	1475.787	1909.903	1923.436
生長率		約 19.1%	約 17.4%	約 24.3%	約 39.8%	約 10.8%

實驗 5-2: 測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的 PH 值

土壤表層	埋膠法	埋膠法				膠水法				粉水法				水
		5ml	10ml	20ml	30ml	5ml/50ml	10ml/50ml	20ml/50ml	30ml/50ml	0.2g/50ml	0.4g/50ml	0.6g/50ml	0.8g/50ml	
第一週		4.91	5.42	5.37	5.26	5.31	5.38	5.19	5.15	5.45	5.50	5.53	5.44	5.50
第二週		5.16	5.29	5.26	5.19	5.35	5.47	5.17	5.18	5.55	5.46	5.44	5.55	5.45
第三週		5.19	5.57	5.10	5.25	5.20	5.51	5.37	5.02	5.79	5.78	5.84	5.56	5.57
平均		5.50	5.67	5.43	5.50	5.33	5.35	5.55	5.08	5.88	5.81	5.78	5.92	5.63
第一週		5.46	5.50	5.52	5.29	5.50	5.27	5.44	5.34	5.94	5.93	5.89	5.81	5.80
第二週		5.59	4.47	4.49	3.96	5.67	4.65	4.53	3.86	5.98	5.99	6.10	5.88	6.06
第三週		5.51	4.39	3.94	3.64	5.71	4.38	4.02	3.64	5.98	5.98	6.07	5.90	5.94
平均		5.40	5.00	4.80	4.80	5.58	4.88	4.60	4.25	5.97	5.87	6.09	5.86	6.03
第一週		5.07	5.07	5.07	5.07	5.04	5.04	5.04	5.04	6.14	5.98	6.18	5.78	6.13
第二週		5.07	5.07	5.07	5.07	4.88	4.88	4.88	4.88	6.16	5.86	6.03	5.93	6.22
第三週		5.07	5.07	5.07	5.07	4.87	4.87	4.87	4.87	6.08	6.04	6.11	5.92	6.15
平均		4.76	4.76	4.76	4.76	4.84	4.84	4.84	4.84	6.21	6.12	6.03	6.12	6.26
第一週		5.22	5.19	5.02	4.80	5.27	5.14	5.04	4.75	5.93	5.86	5.92	5.79	5.90
第二週		5.12	4.50	4.03	4.23	5.24	4.41	4.36	4.5					

3週	埋奶膠法 5%	埋奶膠法 10%	埋奶膠法 15%	埋奶膠法 20%	埋奶膠法 25%
5ml					
發苗率	80%	80%	100%	100%	80%
平均高度 (cm)	1+3+3+3+10, 10/4=2.5	4+3+3+8+18, 18/4=4.5	7.5+6+4+4+4+25.5, 25.5/5=5.1	7.5+6+4+4+3+24.5, 24.5/5=4.9	4+3+3+8+18, 18/4=4.5
平均重量 (g)	0.7g/4=0.175	1.8g/4=0.45	1.6g/5=0.32	1.3g/5=0.26	0.7g/4=0.175
3週	奶膠水法 5%	奶膠水法 10%	奶膠水法 15%	奶膠水法 20%	奶膠水法 25%
5ml					
發苗率	100%	80%	100%	60%	80%
平均高度 (cm)	8+7.5+6.5+10+10, 42/5=8.4	10.5+9+8+12+39.5, 39.5/4=9.875	7+8+7+8+11+41, 41/5=8.2	4+3+3+10, 10/3=3.33	9+8.5+12+8.5+38, 38/4=9.5
平均重量 (g)	2.3g/5=0.46	1.8g/4=0.45	2.2g/5=0.44	1.0g/3=0.33	2.5g/4=0.625
3週	粉奶法 5%	粉奶法 10%	粉奶法 15%	粉奶法 20%	粉奶法 25%
5ml					
發苗率	100%	100%	100%	100%	100%
平均高度 (cm)	21.5+21+19.5+15+12+89, 89/5=17.8	21+20.5+17+17.5+18+94, 94/5=18.8	20+14+17+16+13+80, 80/5=16	19+21+20+17+16+5+93.5, 93.5/5=18.7	19+18+16.5+20+18+92, 92/5=18.4
平均重量 (g)	3.0g/5=0.6	2.7g/5=0.54	2.6g/5=0.52	2.8g/5=0.56	2.6g/5=0.52

2週	粉奶水 5% 5ml	粉奶水 10% 5ml
菜面積 (mm ²)		
生長率	前面積: 930.138 後面積: 1397.315 約 50.2%	前面積: 338.294 後面積: 502.222 約 48.5%

實驗 6-2: 測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的 PH 值

低量 5ml 奶膠	埋奶膠法					奶膠水法					粉奶水法					水
	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	
第一週	5.15	5.29	5.03	5.02	4.98	5.04	5.14	4.87	5.18	5.19	5.35	5.39	5.44	5.29	5.38	5.57
第二週	5.28	5.14	5.04	4.79	4.87	4.93	5.21	4.93	5.28	5.64	5.25	5.32	5.52	5.34	5.14	5.48
第三週	5.53	5.51	5.26	5.12	4.99	5.06	5.29	5.12	5.29	5.57	5.45	5.69	5.74	5.75	5.34	5.41
第四週	5.74	5.78	5.10	5.26	5.06	5.17	5.54	5.29	4.66	5.10	5.95	6.08	6.03	6.09	5.91	5.45
第五週	5.56	5.63	5.50	5.49	5.55	5.52	5.72	5.58	5.71	5.84	6.01	6.05	6.10	6.05	5.93	5.52
第六週	5.70	5.95	5.76	5.68	5.72	5.71	5.87	5.77	5.59	5.83	6.07	6.18	6.29	6.17	6.06	5.62
第七週	5.40	5.59	5.29	5.28	5.70	5.66	5.78	5.44	5.10	5.23	6.02	6.01	6.13	6.01	5.99	5.77
第八週	5.35	5.58	5.43	5.36	5.61	5.63	5.96	5.42	4.71	5.28	5.98	6.18	6.23	6.16	6.06	5.81
第九週	5.12	5.18	5.07	5.10	5.24	5.26	5.43	5.25	4.57	5.00	6.27	6.11	6.19	6.09	6.06	5.65
第十週	5.11	5.22	5.15	5.16	5.26	5.20	5.28	5.19	4.66	4.95	6.29	6.30	6.35	6.18	6.08	5.85
第十一週	5.08	5.31	5.21	5.25	5.31	5.25	5.22	5.09	4.45	4.72	5.97	6.04	6.03	6.02	5.85	5.88
第十二週	4.64	5.29	5.17	5.33	5.31	4.64	5.11	4.97	4.36	4.58	6.04	6.12	6.17	6.04	5.93	6.03
平均	5.31	5.46	5.25	5.24	5.30	5.26	5.46	5.24	4.96	5.24	5.86	5.96	6.02	5.93	5.81	5.67
土壤內蔬菜苗深根	5.04	5.07	5.04	5.06	5.14	5.18	5.39	5.35	5.74	5.66	5.01	5.14	5.04	4.96	5.12	5.35
第一週	5.15	5.20	5.14	5.16	5.20	4.94	5.69	5.59	5.66	5.77	5.11	5.08	5.17	5.02	5.24	5.28
第二週	5.89	5.88	5.81	5.88	5.88	4.98	5.46	5.36	5.26	5.58	5.87	5.70	5.84	5.95	5.63	5.26
第三週	5.85	5.72	5.65	5.64	5.77	5.21	5.26	5.26	5.26	5.26	5.98	5.91	5.92	6.11	5.73	5.44
第四週						5.33	5.58	5.58	5.58	5.58	5.95	5.94	5.96	6.05	5.49	
第五週						5.38	5.55	5.55	5.55	5.55	5.68	5.72	5.76	5.83	5.58	
第六週						5.12	不再測量	5.63	不再測量	5.63	5.96	6.01	6.09	6.11	菜死不再測量	5.61
第七週						5.10	不再測量	5.53	不再測量	5.53	6.29	6.27	6.16	菜軟	不再測量	5.64
第八週						5.25	不再測量	5.45	不再測量	5.45	6.07	6.03	6.05	不再測量	5.82	
第九週						5.19	不再測量	5.10	不再測量	5.10	6.30	6.24	6.15	不再測量	5.73	
平均	5.48	5.47	5.33	5.44	5.41	5.17	5.51	5.44	5.55	5.67	5.82	5.80	5.81	5.72	5.43	5.52

實驗 6-3: 測量(2ml 土壤液+10ml 蒸餾水)的導電度(EC)

低量 5ml 奶膠	埋奶膠法					奶膠水法					粉奶水法					水
	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%	
第一週	1139	803	1102	1423	1269	868	925	1107	868	895	1333	1072	821	1094	1131	605
第二週	878	1294	1062	2155	1512	1216	1062	1080	864	668	1748	1305	1275	1221	1311	757
第三週	895	895	965	1629	1734	1333	946	1181	837	722	1467	952	1153	880	1083	794
第四週	700	609	1242	1126	1374	965	950	851	790	543	1196	888	894	664	729	660
第五週	530	431	708	673	806	678	689	617	739	407	944	597	701	544	633	803
第六週	601	470	680	690	859	779	712	625	862	554	808	504	566	462	523	883
第七週	495	419	581	638	611	611	530	537	758	611	431	477	504	444	507	641
第八週	556	455	618	669	647	628	513	590	965	669	415	445	501	444	494	674
第九週	1547	383	520	530	532	495	407	520	717	583	387	396	440	387	444	418
第十週	605	474	599	637	644	617	556	576	751	739	560	349	385	366	404	485
第十一週	620	442	569	578	609	605	574	587	800	800	560	343	355	366	424	401
第十二週	1053	476	620	558	600	778	652	657	954	1024	290	342	371	380	415	362
平均	802	596	772	942	933	798	710	744	825	685	846	623	664	604	675	624
土壤內蔬菜苗深根	1675	1717	1701	1701	1528	1075	803	834	583	714	1569	1462	1549	1660	1391	882
第一週	1415	1275	1391	1380	1264	1288	697	725	632	632	1475	1569	1197	1468	1048	1066
第二週	973	560	560	1158	999	1129	625	755	560	583	647	784	567	702	647	1084
第三週	694	605	644	673	663	819	697	697	697	697	725	784	569	644	691	921
第四週						605	509	509	509	509	549	681	431	512	806	
第五週						680	520	520	520	520	474	569	374	461	822	
第六週						682	不再測量	503	不再測量	503	466	494	342	420	669	
第七週						640	不再測量	470	不再測量	470	277	290	278	278	518	
第八週						563	不再測量	532	不再測量	532	329	326	278	278	543	
第九週						640	不再測量	375	不再測量	375	273	275	267	267	491	
平均	1189	1039	1217	1228	1264	810	708	592	592	643	678	723	585	838	944	780



問題討論

- 果膠結塊的秘密?果膠的稠度、黏度、保濕度的關係?果膠加糖可提升各項效果?
答: ①由研究一實驗中發現, 不同果皮果膠的狀態不太一樣, 柚膠、橘膠大結塊且硬, 柳膠、百香果膠小結塊, 香蕉果膠呈水狀, 我們設計測量稠度的科學方法表達果膠的狀態, 測得結塊程度與PH值: 柚膠(4.83)<橘膠(5.11)<柳膠(5.67)<百香果膠(6.29)<香蕉果膠(6.98)排序完全符合, 酸鹼度PH值越小(越酸)凝結塊最大, PH值越大(越鹼)凝結塊最小, 越不利凝結, 推論果膠自身PH值剛好符合了果膠凝結的條件, 查詢果膠化為凝膠的最佳條件是酸鹼度(PH值)介於2.8~3.5, 實驗結果揭開了不同果皮果膠結塊程度不同的秘密。
- 由研究二實驗結果柚膠稠度最大, 黏度最大, 保濕度也最好, 稠度、黏度、保濕度有高度正相關。
- 由研究二實驗結果柚膠加糖可提升各項效果, 果膠自帶負電荷無法與水結合, 此時加入糖, 糖分子能吸住果膠中的水分子與水的結合, 同時讓果膠分子間更緊密結合在一起, 水分漸漸蒸發後, 形成一層無水緊密的果膠膜層以隔絕空氣減緩水果熟成。
- 本研究柚膠加糖製作天然環保膠水, 是否可適用其他種類果皮的果膠?
答: 由研究二、三實驗得知, 每種果膠稠度都不一樣, 加糖可提升黏著度, 但基準點稠度不同, 50ml果膠加10g糖, 高溫70°C烘30分後, 黏著度未必能達到本研究柚膠加糖的黏著度, 故本實驗研究結果僅適用柚膠。
- 減緩水果熟成(隔絕氧化)實驗為何選擇香蕉?
答: 香蕉熟成期短, 2~3天即可看見香蕉從綠皮漸變黃皮且表皮黑點面積也易觀察, 以電腦軟體Image J測量黑點百分比表示隔絕氧化的程度。
- 做為土質改良劑?
答: 由研究四實驗結果, 果膠可提升土壤的肥沃度、保肥

度、保濕度、含水量, 利用果膠黏稠的特性, 是個良好的土壤天然黏著劑, 可做為山坡地鬆散的土質改良劑, 提高土壤含水量、保水性、土壤黏著性, 防止土壤龜裂鬆散崩塌, 防止土壤流失與土石流。

- 三種施肥法的優缺點?粉水(奶)法適合於各種植物生長嗎?粉水(奶)法是否適用其他四種水果果皮果膠?最佳施肥法為何?
答: ①一般的施肥方式為澆水灌溉法, 我們設計以不同施肥法對植物的影響; 考量膠狀果膠需低溫密封冷藏也有期限的問題, 乾粉可長久保存, 粉水法是為了方便長久保存而設計; 埋膠法設計是可以減少澆水的次數。
- 由研究五實驗結果(a)低量(5ml)埋膠法具有高穩定保水度使種子發芽非常快速, 高量(30ml)埋膠法土壤液PH值太酸且高濃度、滲透壓大不適淺根生長; (b)低量(5ml)膠水法和水的比例1:9稀釋PH值仍略酸、濃度尚可, 前期長得高, 但後期植物莖軟生長失敗, 建議未來實驗可修正稀釋調整為1:19, 預測應可達植物生長條件。(c)粉水法和水比例為2g:100ml經大量水稀釋、粉奶法(5%、10%)5ml土壤液PH值相近澆水土壤液, 低濃度滲透壓小, 故適用於各類植物的生長, 也長得比澆水好。
- 本研究以柚膠為主, 柚膠為五種果膠中最酸, 故本實驗結果可適用其他四種果膠。
- 最佳施肥法為種子以低量(5ml)5%埋奶膠法縮短發芽時間, 發芽後改以低量(5ml)5%粉奶法生長縮短收成期。

植物生長的秘密與生存條件?

- 答: ①由研究五、六植物生長情形、土壤液PH值, (a)相近的土壤液PH值【埋膠法(高濃度)、膠水法(中濃度)】不同濃度: 埋膠法(10~30ml)與膠水法(10ml/50ml~30ml/50ml)土壤液PH平均值相近, 但植物生長情形卻大不同, 膠水法(中濃度)植物可存活天數長, 埋膠法(高濃度)植物卻是在幾小時後死亡, 高濃度、滲透壓大使植物根部細胞缺水, 植物立刻死亡, 推論植物對高濃度施肥液容忍度低。(b)相近的低濃度(粉水法)不同土壤液PH值: 粉水法(0.2~0.8/50ml)較粉奶法5ml(5%、10%)濃度更低, 實驗得知植物存活條件: 粉水法(0.2~0.8/50ml)土壤液PH平均值5.6↑, 粉奶法5ml(5%、10%)土壤液PH平均值5.8↑, 推論再更降低低濃度施肥液的濃度可使植物對土壤的酸性範圍容忍度更增大。(d)植物對施肥液的濃度敏感度較PH值(酸鹼性)來的更為敏銳。
- ②植物的生存條件: 土壤液: 「濃度、PH值」均需達到植物存活條件, 植物才能生長。本實驗設計提供未來揭開各種植物的特性、生存密碼之參考方法。

果膠牛奶施肥與牛奶施肥有何差異?

答: 果膠有黏稠的特性, 可以幫助牛奶鎖住在土壤裡, 防止營養流失, 水沒有, 所以牛奶施肥營養容易流失, 故果膠牛奶施肥優於牛奶施肥。

結論

- 五種果皮以文旦柚皮、橘子皮萃取的果膠量最多。PH值: 柚膠約(4.8), 橘膠、柳膠約(5)、百香果膠、香蕉果膠約(6)、柚膠、橘膠的稠度最大, 柳膠、百香果膠稠度較差。柚膠、橘膠可減緩水果熟成(隔絕氧化)為不塗膠的約1/2。果膠均具有保溼效果。以柚膠、橘膠保溼效果最好, 保水率比水多一倍。柚膠、橘膠、柳膠、百香果膠的糖度(16~18)(Brix)、密度(0.92~0.95)(g/cm³)均差不多。柚膠、百香果膠導電度(EC)高。
- 柚膠加糖可更提升稠度、保溼度、減緩水果熟成(隔絕氧化)的效果, 加酸、鹼、鹽(鈉離子)、氯化鈣(鈣離子)均會降低稠度, 使原膠狀呈現水狀。以50ml柚膠加10g糖稠度最大, 50ml柚膠加20g糖保溼度最好, 減緩水果熟成(隔絕氧化)為不塗膠的約1/6。
- 50ml柚膠加10g糖稠度最大, 在不同脫水程度下, 以高溫70°C烘30分, 此時測得糖度為33(Brix), 黏貼承載重量最重, 黏著性最強, 接近市售膠水。
- 室溫組(20°C)三種施肥法果膠均具有土壤保溼效果, 粉水法土壤含水量最高。果膠膠狀使土壤保有黏稠性幫助土壤鎖住營養, 防止土壤營養流失, 保肥度佳, 能提升土壤的肥沃度, 保溼度佳, 可延長施肥或澆水的天數。高溫組(35°C)以粉水法保溼效果最好, 三種施肥法果膠均可提升土壤含水量高, 在高溫下會破壞果膠的膠狀漸漸成水狀, 離子營養隨水流且因大量吸水, 果膠流失快, 需縮短施肥天數。高、低溫組, 埋膠法總吸水率最少, 第一次與最後一次土壤含水量最穩定, 保水度最好; 粉水法土壤液PH值接近澆水土壤液。
- 粉水法適合植物生長, 相較澆水生長率, 生長最優的最佳比例: 粉水法0.8g/50ml淺根綠豆苗莖高度長高約6.3%、重量多重約5.5%, 深根小白菜葉長快速度約2.3倍。

||
||
||