

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

團隊合作獎

030314

當榴槤蜜嫁給波羅蜜-探討不同嫁接方法的存活率

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者：	指導老師：
國二 白昌育	蔡名峯
國一 劉耿禎	黃柏勳
國一 施又瑜	

關鍵詞：嫁接、榴槤蜜、波羅蜜

摘要

本研究主要探討不同嫁接方式對波羅蜜與榴槤蜜存活率之影響。研究採切接與芽接兩種方式，搭配留白、催芽及形成層對齊三種技巧進行比較。結果顯示：在 25 度 C 下，採用切接法搭配催芽及形成層對齊技術，可使存活率達 70%，高於傳統方法的 30%。此創新技術能使存活率提升約 2.3 倍。再者，觀察顯微鏡切片，發現砧木與接穗之形成層會相連在一起，並產生增生組織，故形成層對齊是植株存活的主因。另外，接穗催芽後可減少發芽天數，降低病蟲害、環境變化等外在風險，讓存活率更高。相對而言，嫁接失敗的顯微鏡切片可觀察到嫁接部位有腐爛、發黑與缺水。據此，形成層對齊攸關養分與水分的輸送，是植株存活的關鍵因素，值得重視和使用。

壹、前言

一、研究動機

以「水果王國」之稱享譽國際的台灣，以先進技術培育出不同品種的花草果木。有次在上生物課時，老師帶我們進行校園實地觀察，我們看到了一株植物的莖被白色繩帶纏繞，且此部分的莖也比其他地方粗壯，老師介紹這是保存植物品種之優良特性、還能讓不同植物互補的技術——「嫁接」。為了更深入了解嫁接的奧秘，本研究開始查閱資料，卻發現現有的文獻資料大多著重於嫁接的原理和優點，對於不同嫁接手法可能產生的影響卻鮮有提及。研究期間正好是冬季，波羅蜜和榴槤蜜具耐寒的特性，故成為本研究進行嫁接之最佳選擇。為了探索不同的嫁接方式是否會對波羅蜜樹產生不同的影響，本研究開始進行一系列的實驗，希望透過實際操作，替未來的植物嫁接技術提供更多參考依據。

二、研究目的

以榴槤密嫁接波羅蜜為主軸，本研究提出以下嫁接方式，並對傳統的方法進行改良，希望找出最適合的嫁接方法和原因。

(一) 探討留白技術之存活率和發芽天數

1-1 切接法留白（切接法搭配留白技術）之存活率和發芽天數

1-2 芽接法留白（芽接法搭配留白技術）之存活率和發芽天數

(二) 探討催芽技術之存活率和發芽天數

2-1 切接法催芽（切接法搭配催芽技術）之存活率和發芽天數

2-2 芽接法催芽（芽接法搭配催芽技術）之存活率和發芽天數

(三) 探討形成層對齊技術之存活率和發芽天數

3-1 切接法形成層對齊（切接法搭配形成層對齊技術）之存活率和發芽天數

3-2 芽接法形成層對齊（芽接法搭配形成層對齊技術）之存活率和發芽天數

(四) 新創手法-同時搭配催芽和形成層對齊技術之存活率和發芽天數

4-1 切接法搭配催芽和形成層對齊（切接法搭配催芽及形成層對齊技術）之存活率和
發芽天數

4-2 芽接法搭配催芽和形成層對齊（芽接法搭配催芽及形成層對齊技術）之存活率和
發芽天數

(五) 觀察嫁接後植株顯微鏡切片判斷嫁接後植株存亡原因

三、文獻回顧

(一) 嫁接及砧木、接穗之介紹

1.**嫁接**:嫁接是將某植物的一部份切下，移到另一株植物上，利用植物的癒合能力讓二者合而為一並繼續生長。最常見的嫁接方式是剪下母體樹的枝條，讓切口對準另一株植物莖的切口，再用膠帶將二者綁在一起。

2.**砧木**:嫁接植物下部可發育為根系統的位置，砧木可以在樹的莖部進行嫁接，又稱為莖接。而本研究使用莖接作為嫁接實驗之方式。

3.**接穗**:植物嫁接時，接於砧木上的枝芽，嫁接成功後，芽主要由此發育而來。用做接穗的物種通常具有良好的商業價值，但因其生長表徵不理想，因此需要用嫁接改良。

(二) 嫁接的方式

目前主要的嫁接方式有兩種:

1.**切接法**：首先將砧木上部切除，垂直切下一缺口，接穗下端則削成楔形，二者的形成層須完全密合。切接法過程如圖 1 所示。

(1)**優點**：很快就可以長出葉子，**嫁接口**容易癒合。

(2)**缺點**：如嫁接膜或束帶材質不好，不易分解使生長點被壓制，營養傳輸受阻。

(3)**適用場景**：適用於較粗的砧木。

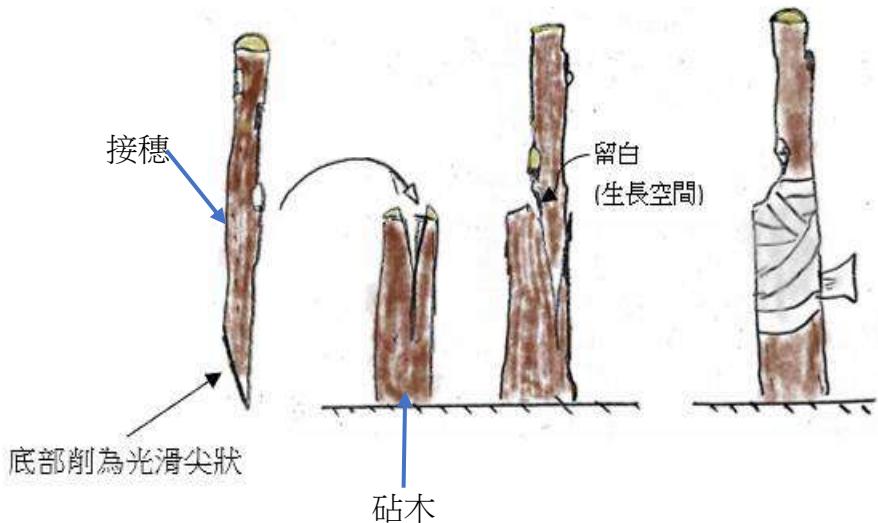


圖 1 切接法手繪示意圖

(本圖片由作者 3 手繪)

2. **芽接法**：芽接法之接穗與砧木形成層接觸面積大，癒合組織生長結實，不易脫落，初期生長雖較其他嫁接方式緩慢，但芽點催芽後能**快速成長**。芽接法過程如圖 2 所示。

(1)**優點**：節省接穗、18~29 日內可知成活與否。

(2)**缺點**：芽從接穗枝條上剝離時，會出現維管束缺失的問題存活率降低。

(3)**適用場景**：適合形成層面積小的植物，使接觸面積增大，癒合容易，較快發芽。

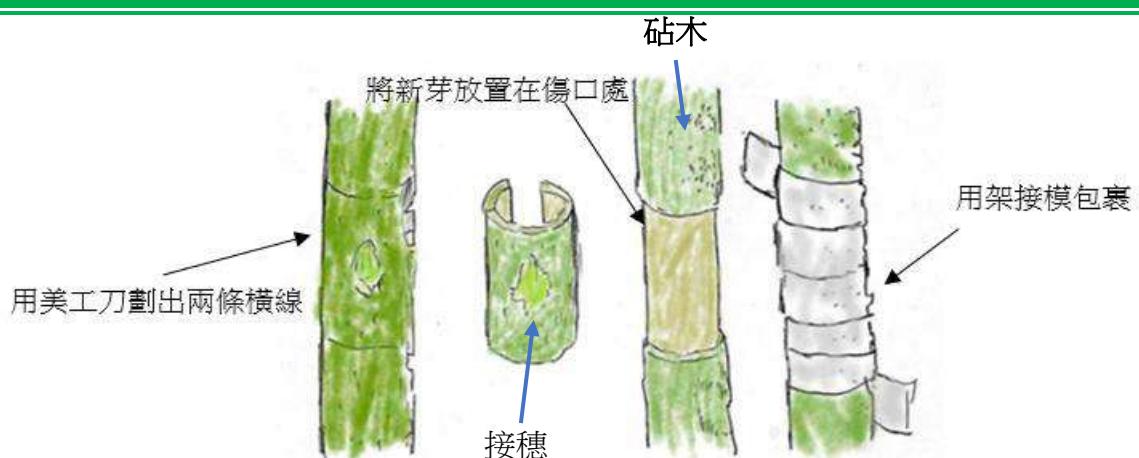


圖 2 芽接法手繪示意圖

(本圖片由作者 3 手繪)

3.嫁接可使用的技術

表 1 嫁接技術整理

技術	詳細說明
留白	留白是在嫁接過程中，將接穗與砧木貼合的一面，留出一部分切面高於砧木，這個接穗留出來的切面就是留白。接穗留白一般常用於砧木上方切接。
催芽	接穗催芽是指在嫁接前兩週將在樹上的接穗枝條頭部剪掉，兩週後要嫁接時，接穗會冒出新芽點，這個過程稱為催芽。
形成層對齊	接穗的兩條形成層與砧木上的兩條形成層要緊密貼緊，若砧木剖面和接穗削面寬度不一致時，則難以兩條形成層都對齊，但至少應對準一條。

4.本研究之存活率判定

(1)存活：由於在秋冬期間嫁接，要三十天左右檢查是否存活，嫁接存活的話，砧木與接穗嫁接的部分會完整癒合，且接穗會長出新葉。

(2)失敗：嫁接失敗的話，如果接穗已經有枯萎的跡象或者嫁接處泛黃、泛黑，則視為嫁接失敗。

貳、研究設備與材料

一、實驗器材

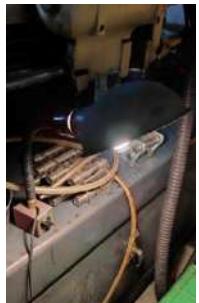
			
圖 3-1 樹枝剪	圖 3-2 溫度計	圖 3-3 自製單面刀嫁接刀	圖 3-4 剪刀
			
圖 3-5 嫁接膜	圖 3-6 束帶	圖 3-7 波羅蜜(砧木)	圖 3-8 酒精
			
圖 3-9 光學解剖顯微鏡	圖 3-10 接穗	圖 3-11 溼度計	圖 3-12 鎢絲燈

圖 3 實驗器材(本圖片由作者 2 拍攝並製作)

參、研究過程與方法

一、研究架構

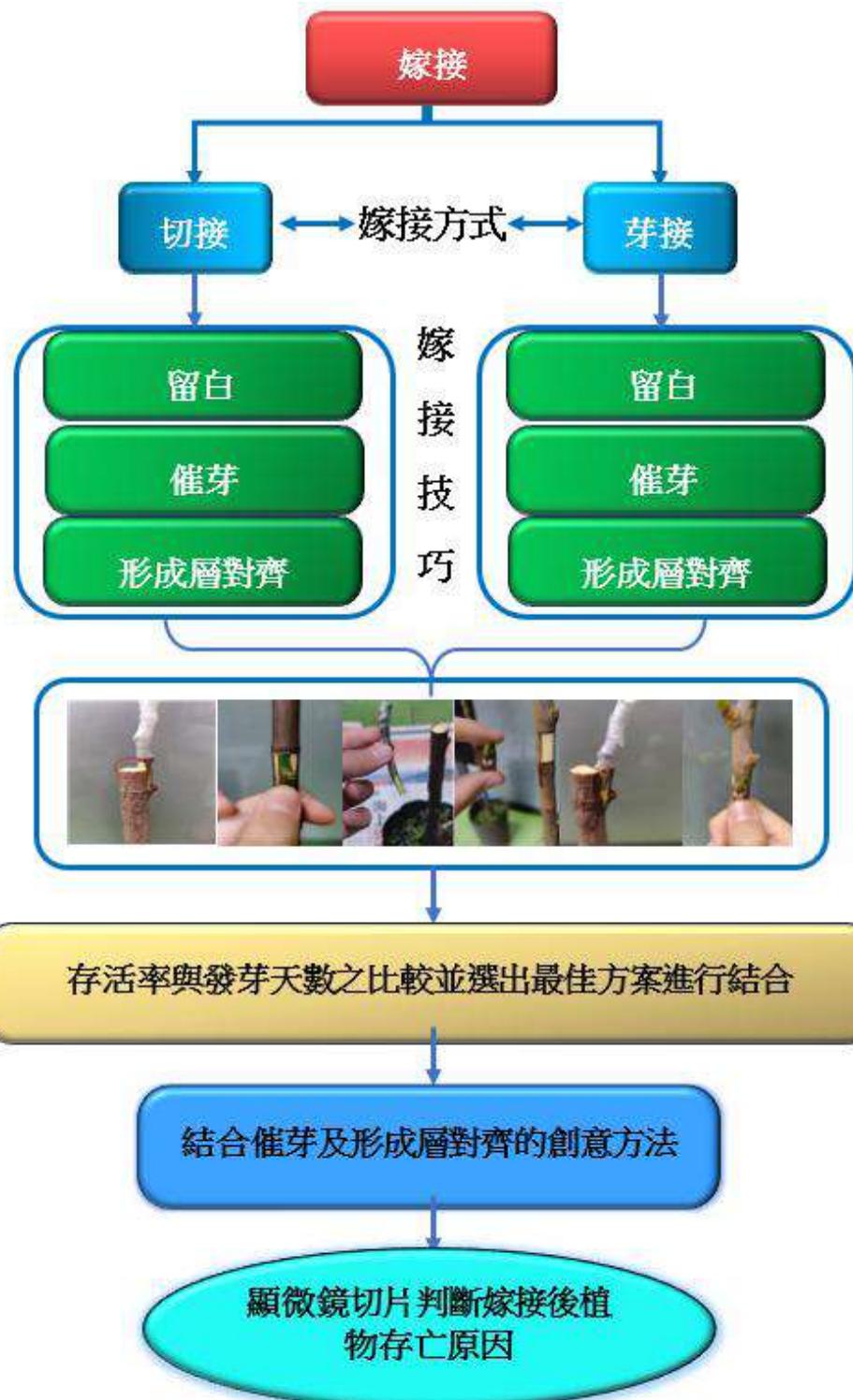


圖 4 研究架構(本圖片由作者 1 製作)

二、切接法過程

				
圖 5-1 將砧木要嫁接的部分進行消毒。	圖 5-2 剪掉嫁接部分以上。	圖 5-3 用美工刀把砧木切出一個口子。	圖 5-4 把接穗底部的一面削成尖狀。	圖 5-5 另一面也是，但削的比第一面短。
				
圖 5-6 將接穗插入砧木。	圖 5-7 用嫁接膜將砧木和接穗包住。	圖 5-8 使用束帶將砧木和接穗固定。	圖 5-9 使用束帶於相反方向固定。	圖 5-10 切接法完成圖。

圖 5 切接法過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

三、芽接法過程

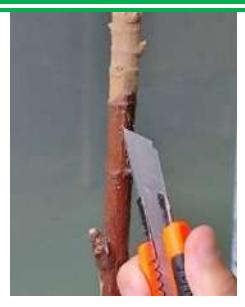
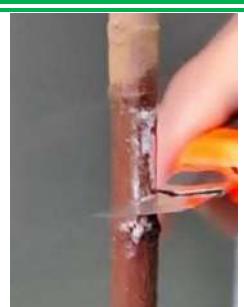
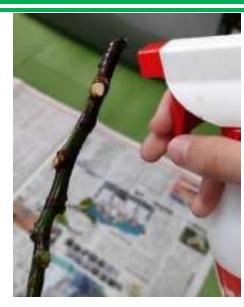
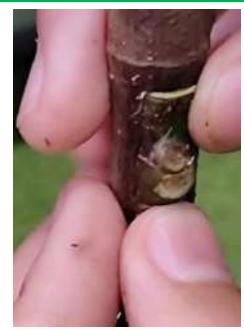
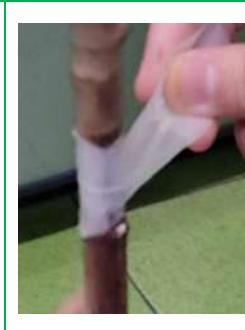
				
圖 6-1 選擇要嫁接的地方 進行消毒。	圖 6-2 在砧木上用美工刀 縱向劃出兩條線。	圖 6-3 再用美工刀橫向劃 出兩條線。	圖 6-4 用消毒過後的手把 樹皮撥開。	圖 6-5 將接穗消毒。
				
圖 6-6 接穗上劃出和砧木 大小相符的切口。	圖 6-7 用消毒過後的手把 芽點撥開。	圖 6-8 將接穗的新芽點放 置砧木的傷口處。	圖 6-9 用嫁接膜把砧木和 接穗包住。	圖 6-10 芽接法完成圖。

圖 6 芽接法過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

四、研究方法與變因探討

(一)留白搭配各式嫁接法之存活率和發芽天數

1. 實驗 1-1 測試切接法留白之存活率和發芽天數

(1)材料：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。

(2)設備：剪刀、美工刀、自製單面刀嫁接刀、嫁接膜、束帶。

(3)控制變因：溫度。攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間

(4)操縱變因：是否留白

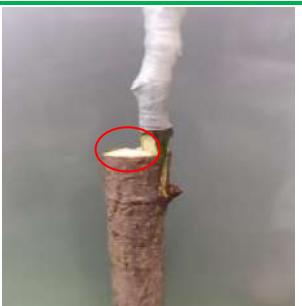
實驗組 留白			
	圖 7-1 將砧木接穗都處理好。	圖 7-2 兩者組裝時，露出截面。	圖 7-3 包上嫁膜和束帶。

圖 7 切接法留白實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

對照組 未留白			
	圖 8-1 將砧木接穗都處理好。	圖 8-2 兩者組裝時，不露出截面。	圖 8-3 包上嫁膜和束帶。

圖 8 切接法不留白實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5) 應變變因

表 2 實驗 1-1-1 測試切接法留白之存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	否	是	否	否	否	是	是	否	30%
發芽天數	x	x	x	31	x	x	x	28	28	x	29 天

表 3 實驗 1-1-2 測試切接法不留白之存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	是	否	否	是	否	否	是	否	30%
發芽天數	x	x	32	x	x	26	x	x	29	x	29 天

2. 實驗 1-2 測試芽接法留白之存活率和發芽天數

(1) **材料**：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。

(2) **設備**：剪刀、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。

(3) **控制變因**：溫度:攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間

(4) **操縱變因**：是否留白



圖 9 芽接法留白實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

對照組 未留白			
	圖 10-1 將砧木接穗都處理好。	圖 10-2 兩者組裝時，接穗和砧木之間不露出截面。	圖 10-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 10 芽接法不留白實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5)應變變因：

表 4 實驗 1-2-1 測試芽接法留白之存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	是	否	否	否	否	是	否	否	否	是	30%
發芽天數	25	x	x	x	x	30	x	x	x	26	27 天

表 5 實驗 1-2-2 測試芽接法不留白之存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	是	是	否	否	否	否	是	否	否	30%
發芽天數	x	29	31	x	x	x	x	27	x	x	29 天

(二)催芽搭配各式嫁接法之存活率和發芽天數

1. 實驗 2-1 測試切接法接穗催芽之存活率和發芽天數

(1) **材料**：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。

(2) **設備**：樹枝剪、美工刀、自製單面刀嫁接刀、嫁接膜、束帶。

(3) **控制變因**：溫度:攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間。

(4) **操縱變因**：接穗是否經過催芽。

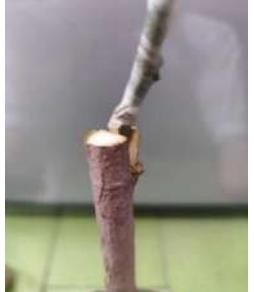
實驗組 催芽			
	圖 11-1 接穗有進行催芽。	圖 11-2 將接穗砧木組裝。	圖 11-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 11 切接法催芽實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

對照組 未催芽			
	圖 12-1 接穗沒有進行催芽。	圖 12-2 將接穗砧木組裝。	圖 12-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 12 切接法不催芽實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5) 應變變因：

表 6 實驗 2-1-1 測試切接法接穗催芽之存活率和發芽天數

項目\項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	否	是	否	是	否	是	是	否	40%
發芽天數	x	x	x	20	x	17	x	19	20	x	19 天

表 7 實驗 2-1-2 測試切接法不接穗催芽之存活率和發芽天數

項目\項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	是	否	否	是	否	否	是	否	30%
發芽天數	x	x	30	x	x	28	x	x	29	x	29 天

2. 實驗 2-2 測試芽接法接穗催芽之存活率和發芽天數

(1) **材料**：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。

(2) **設備**：樹枝剪、美工刀、自製單面刀嫁接刀、嫁接膜、束帶。

(3) **控制變因**：溫度:攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間。

(4) **操縱變因**：接穗是否經過催芽。

實驗組 催芽			
	圖 13-1 嫁接前接穗有進行催 芽。	圖 13-2 將接穗剪下並且和砧木 組裝。	圖 13-3 包上嫁接膜。

圖 13 芽接法催芽實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

對照組 未催芽			
	圖 14-1 嫁接前接穗沒有進行 催芽。	圖 14-2 將接穗剪下並且和砧木 組裝。	圖 14-3 包上嫁接膜。

圖 14 芽接法不催芽實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5)應變變因：

表 8 實驗 2-2-1 測試芽接法接穗催芽之存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	是	否	否	否	是	是	否	否	否	是	40%
發芽天數	21	x	x	x	24	20	x	x	x	19	21 天

表 9 實驗 2-2-2 測試芽接法不接穗催芽之存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	是	是	否	否	否	否	是	否	否	30%
發芽天數	x	29	29	x	x	x	x	29	x	x	29 天

(三)測試形成層對齊搭配各式嫁接法之存活率和發芽天數

1. 實驗 3-1 測試切接法形成層對齊之存活率和發芽天數

(1) **材料**：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。

(2) **設備**：樹枝剪、美工刀、自製單面刀嫁接刀、嫁接膜、束帶。

(3) **控制變因**：溫度:攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間。

(4) **操縱變因**：形成層是否對齊。

實驗組 形成層 對齊			
	圖 15-1 將砧木接穗都處理好。	圖 15-2 砧木和接穗 形成層對齊 。	圖 15-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 15 切接法形成層對齊實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

對照組 形成層 未對齊			
	圖 16-1 將砧木接穗都處理好。	圖 16-2 砧木和接穗 形成層不對齊 。	圖 16-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 16 切接法形成層不對齊實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5)應變變因：

表 10 實驗 3-1-1 測試切接法形成層對齊之存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	否	是	是	是	否	是	是	否	50%
發芽天數	x	x	x	22	25	23	x	26	24	x	24 天

表 11 實驗 3-1-2 測試切接法形成層不對齊的存活率和發芽天數

項次 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	否	是	否	是	否	否	是	否	30%
發芽天數	x	x	x	30	x	28	x	x	29	x	29 天

2. 實驗 3-2 測試芽接法形成層對齊之存活率和發芽天數

(1)材料：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。

(2)設備：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。

(3)控制變因：溫度:攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間。

(4)操縱變因：形成層是否對齊。

實驗組 形成層 對齊			
	圖 17-1 將砧木接穗都處理好。	圖 17-2 砧木和接穗形成層對齊。	圖 17-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 17 芽接法形成層對齊實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

對照組 形成層 不對齊			
	圖 18-1 將砧木接穗都處理好。	圖 18-2 砧木和接穗形成層不對齊。	圖 18-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 18 芽接法形成層不對齊實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5)應變變因：

表 12 實驗 3-2-1 測試芽接法形成層對齊之存活率和發芽天數

項目 項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	是	否	是	否	是	否	否	是	否	40%
發芽天數	x	22	x	21	x	21	x	x	24	x	22 天

表 13 實驗 3-2-2 測試芽接法形成層不對齊的存活率和發芽天數

項目 項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	是	否	否	否	是	否	否	是	否	30%
發芽天數	x	29	x	x	x	28	x	x	30	x	29 天

(四)測試存活率高方法之搭配

1.本研究創新嫁接法之改良方向

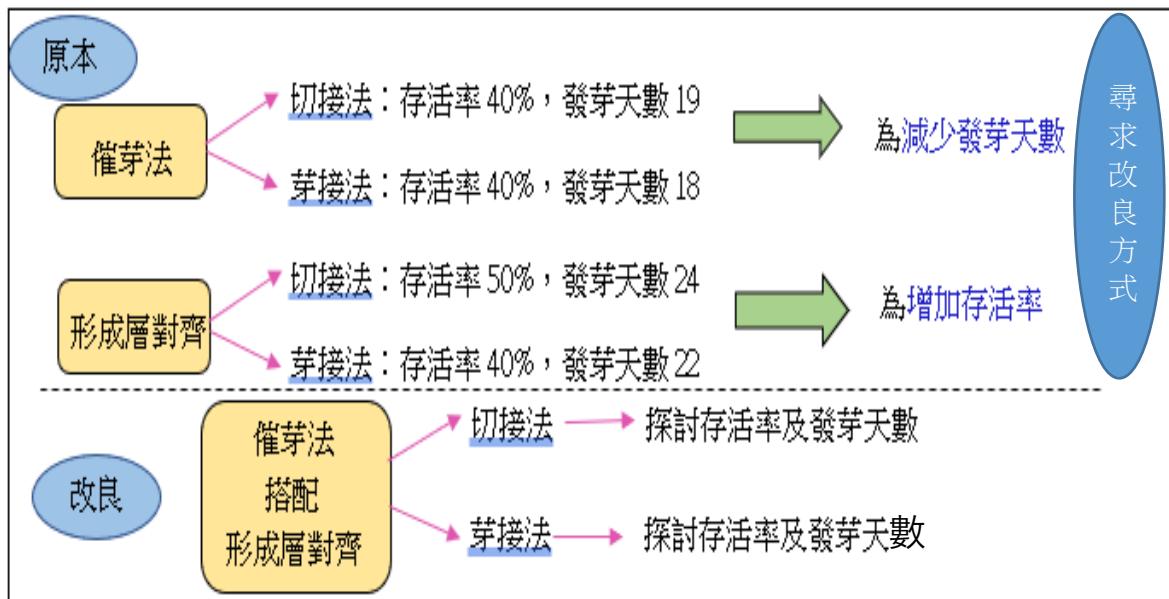


圖 19 本研究創新嫁接法之改良方向(本圖片由作者 3 製作)

說明：在實驗 1-1、1-2、2-1、2-2、3-1、3-2 中發現能增加存活率的方法分別有
催芽技術及形成層對齊技術，但**留白技術並不能增加存活率**，故本研究不把留白當
作創新嫁接之操縱變因，而是將催芽法搭配形成層對齊，測試切接法及芽接法之
存活率、發芽天數，發展出新型嫁接方法。

2. 實驗 4-1 測試切接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數

- (1)**材料**：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。
- (2)**設備**：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
- (3)**控制變因**：溫度:攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間。
- (4)**操縱變因**：催芽和形成層對齊。

實驗組			
	圖 20-1 嫁接前進行催芽並將砧木接穗都處理好。	圖 20-2 砧木和接穗形成層對齊。	圖 20-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 20 切接法催芽法和形成層對齊實驗過程(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5)應變變因

表 14 實驗 4-1-1 測試切接法催芽形成層對齊的存活率和發芽天數

項目\項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	是	否	否	是	是	是	否	是	是	是	70%
發芽天數	20	x	x	24	21	23	x	22	25	19	22 天

表 15 實驗 4-1-2 測試切接法不催芽形成層不對齊的存活率和發芽天數

項目\項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	是	否	是	否	否	是	否	否	30%
發芽天數	x	x	27	x	32	x	x	28	x	x	29 天

3. 實驗 5-1 測試芽接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數

(1)材料：砧木(波羅蜜) 10 株、接穗 10 株。

(2)設備：樹枝剪、美工刀、自製單面刀嫁接刀、嫁接膜、束帶。

(3)控制變因：溫度:攝氏 25.0 度、水分:濕度計指針指在 2~3 之間。

(4)操縱變因：催芽和形成層對齊。

實驗組			
	圖 21-1 嫁接前進行催芽 並將砧木接穗都處好。	圖 21-2 砧木和接穗形成層對齊。	圖 21-3 包上嫁接膜和束帶。

圖 21 芽接法催芽法和形成層對齊(本圖片由作者 1 製作、作者 2 拍攝)

(5)應變變因

表 16 實驗 5-1-1 測試芽接法催芽形成層對齊的存活率和發芽天數

項目\項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	是	是	是	否	否	是	是	否	是	60%
發芽天數	x	21	20	19	x	x	23	22	x	21	21 天

表 17 實驗 5-1-2 測試芽接法不催芽形成層不對齊的存活率和發芽天數

項目\項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
是否存活	否	否	是	否	是	否	否	是	否	否	30%
發芽天數	x	x	27	x	32	x	x	28	x	x	29 天

(五)以顯微鏡切片判斷嫁接後植株存亡原因

顯微鏡切片可清楚觀察癒合處的排列、維管束及組織的融合情形，有助於了解嫁接後的變化，故本研究以此方式觀察植物組織。本研究選用的切片組別，成功組是選用存活率最高的切接法催芽形成層對齊(70%)，失敗組是選用存活率最低的切接法留白(30%)，然後進行觀察比較並推論存活率不同之原因。

肆、研究結果與討論

一、探討留白技術之存活率及發芽天數

(一)切接法留白存活率和發芽天數

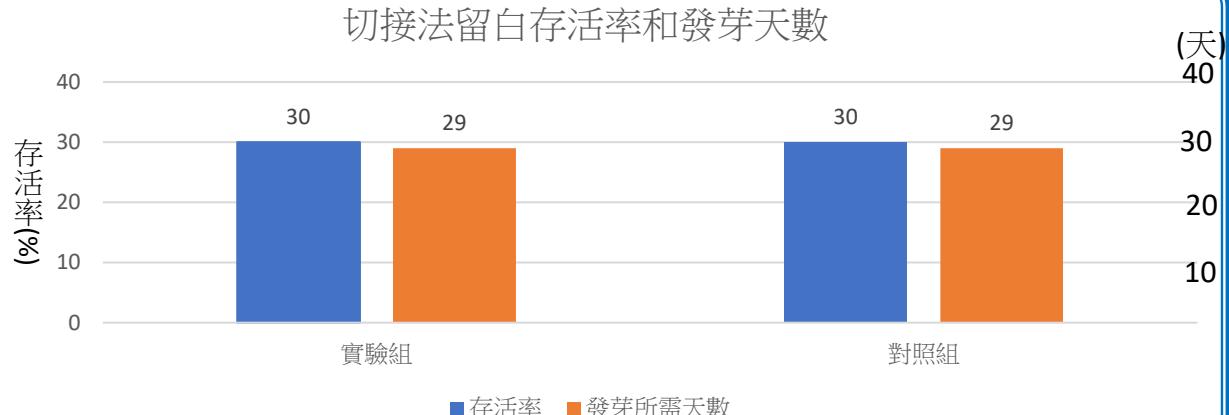


圖 22 切接法留白存活率和發芽天數比較圖(本圖片由作者 3 製作)

圖 22 可知，實驗組存活率=對照組存活率、實驗組發芽天數=對照組發芽天數

討論:可推測切接法留白不會影響存活率和發芽天數

(二)芽接法留白和發芽天數

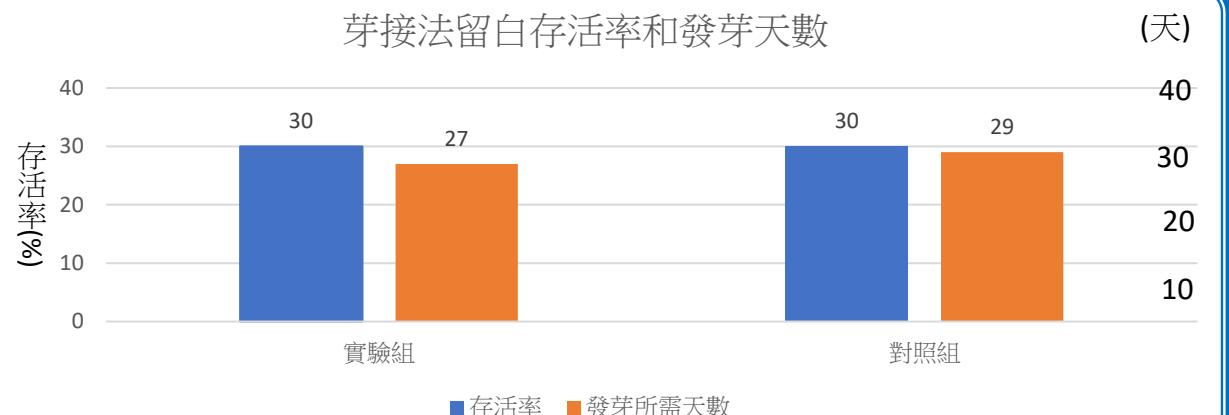


圖 23 芽接法留白存活率和發芽天數比較圖(本圖片由作者 3 製作)

圖 23 可知，實驗組存活率=對照組存活率、實驗組發芽天數=對照組發芽天數

討論: 可推測芽接法留白不會影響存活率但會稍微降低發芽天數(減少 2 天)

二、探討催芽技術之存活率及發芽天數

(一)切接法催芽存活率和發芽天數

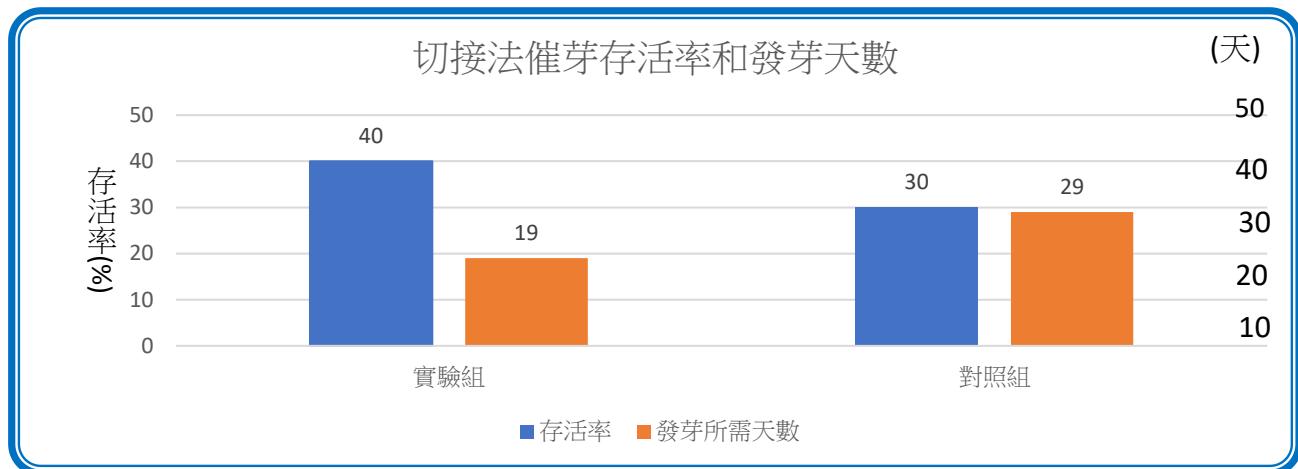


圖 24 切接法催芽存活率和發芽天數比較圖(本圖片由作者 3 製作)

圖 24 可知，實驗組存活率>對照組存活率、實驗組發芽天數<對照組發芽天數

討論：推測嫁接後實驗組較快成功，降低病蟲害、氣候變化與環境壓力的影響。

所以切接法催芽會提高存活率(增加 10%)和降低發芽天數(減少 10 天)

(二)芽接法催芽存活率和發芽天數

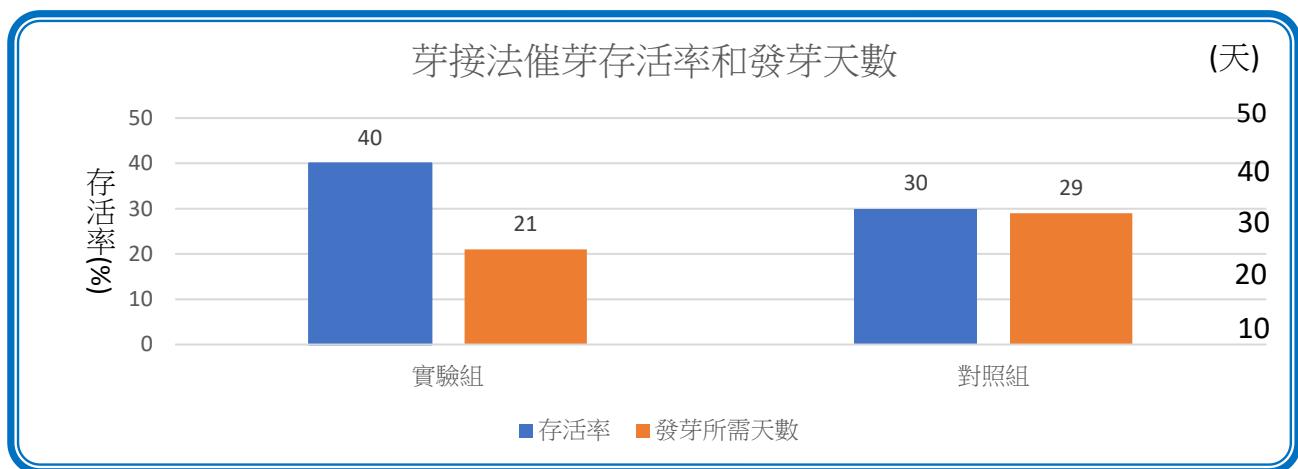


圖 25 芽接法催芽存活率和發芽天數比較圖(本圖片由作者 3 製作)

圖 25 可知，實驗組存活率>對照組存活率、實驗組發芽天數<對照組發芽天數

討論：推測嫁接後實驗組較快成功，降低病蟲害、氣候變化與環境壓力的影響。

所以芽接法催芽會提高存活率(增加 10%)和減少發芽天數(減少 8 天)

三、探討形成層對齊技術之存活率及發芽天數

(一)切接法形成層對齊存活率和發芽天數

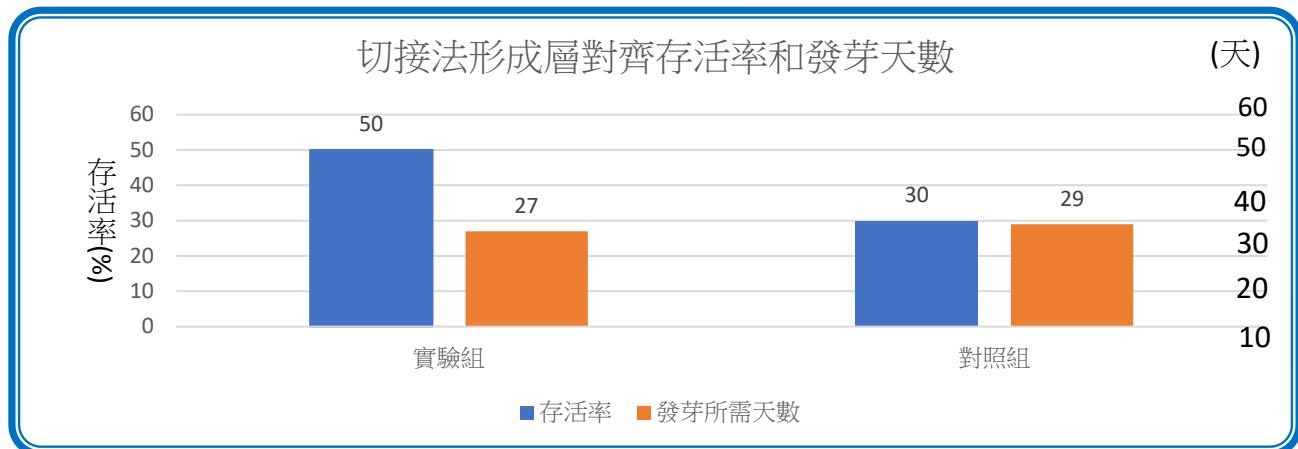


圖 26 切接法形成層對齊存活率和發芽天數比較圖(本圖片由作者 3 製作)

圖 26 可知，實驗組存活率>對照組存活率、實驗組發芽天數<對照組發芽天數

討論:推測植物在癒合傷口時，需要形成層共同產生新的細胞來癒合傷口。

所以切接法形成層對齊提高存活率(增加 20%)和減少發芽天數(減少 2 天)

(二)芽接法形成層對齊和發芽天數

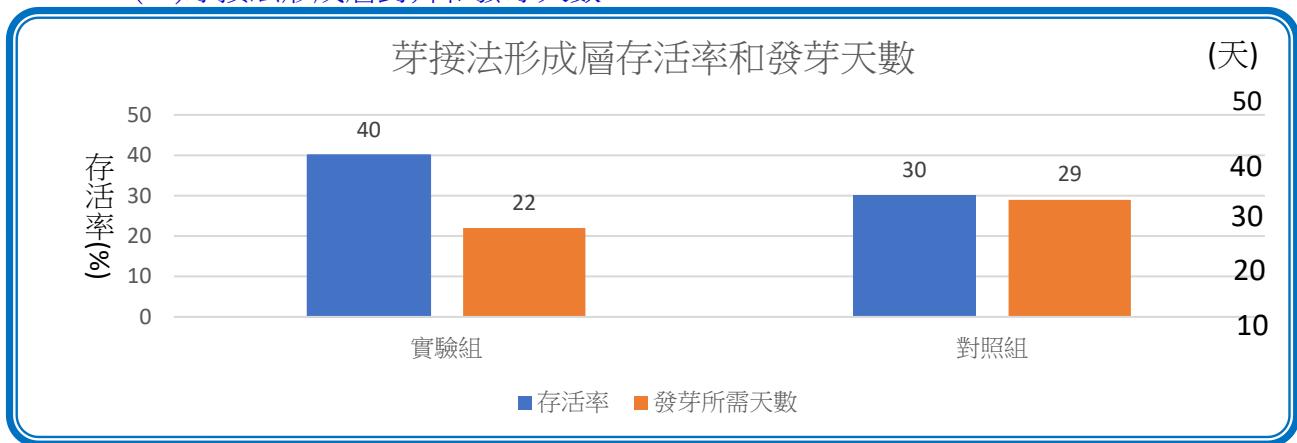


圖 27 芽接法形成層對齊存活率和發芽天數比較圖(本圖片由作者 3 製作)

圖 27 可知，實驗組存活率>對照組存活率、實驗組發芽天數<對照組發芽天數

討論:推測植物在癒合傷口時，需要砧木和接穗的形成層共同產生新的細胞來癒合傷口

所以芽接法形成層對齊提高存活率(增加 10%)和減少發芽天數(減少 7 天)

四、創新嫁接方式 - 同時搭配催芽和形成層對齊技術之存活率和發芽天數

(一) 切接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數

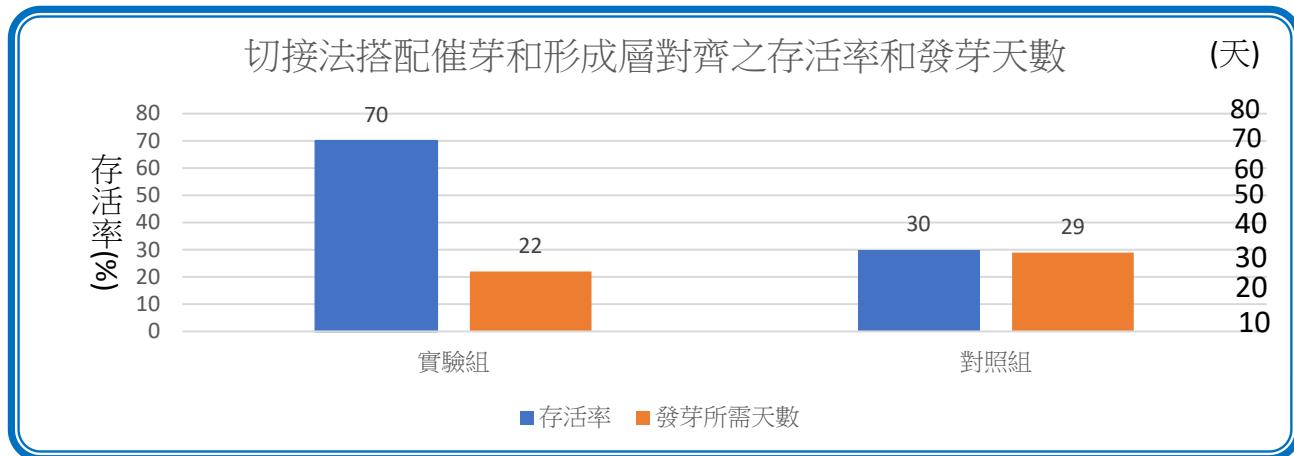


圖 28 切接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數(本圖片由作者 3 製作)

圖 28 可知，實驗組存活率>對照組存活率、實驗組發芽天數<對照組發芽天數

討論:推測植物在癒合傷口時，需要砧木和接穗的形成層共同產生新的細胞來癒合傷口

同時催芽可以加速接穗發芽，並減少病蟲害、氣候變化與環境壓力的影響，所以
切接法形成層對齊可提高存活率(增加 40%)和減少發芽天數(減少 7 天)

(二) 芽接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數

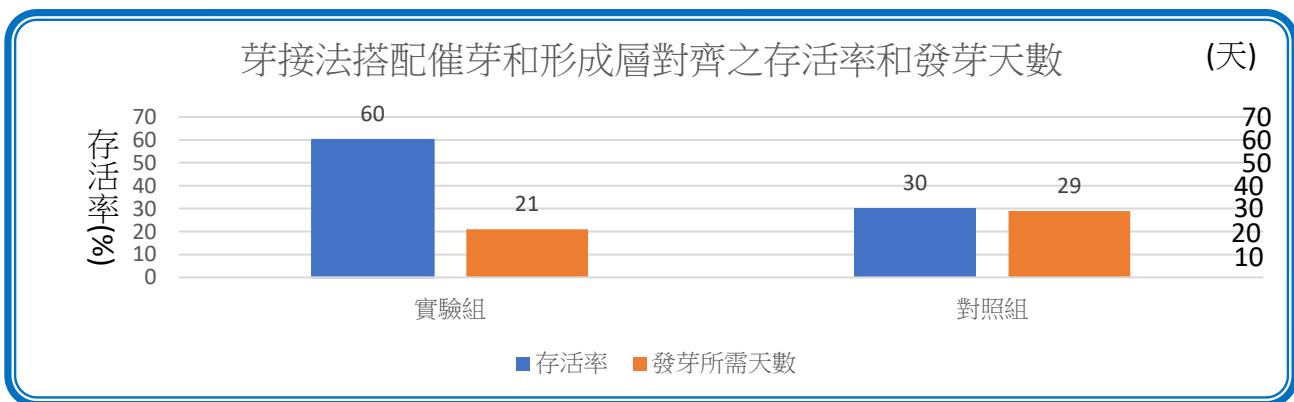


圖 29 芽接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數(本圖片由作者 3 製作)

圖 29 可知，實驗組存活率>對照組存活率、實驗組發芽天數<對照組發芽天數

討論:推測植物在癒合傷口時，需要砧木和接穗的形成層共同產生新的細胞來癒合傷口

同時催芽可以加速接穗發芽，並減少病蟲害、氣候變化與環境壓力的影響，所以
切接法形成層對齊可提高存活率(增加 30%)和減少發芽天數(減少 8 天)

(三)各種嫁接法與嫁接技巧組合之綜合比較

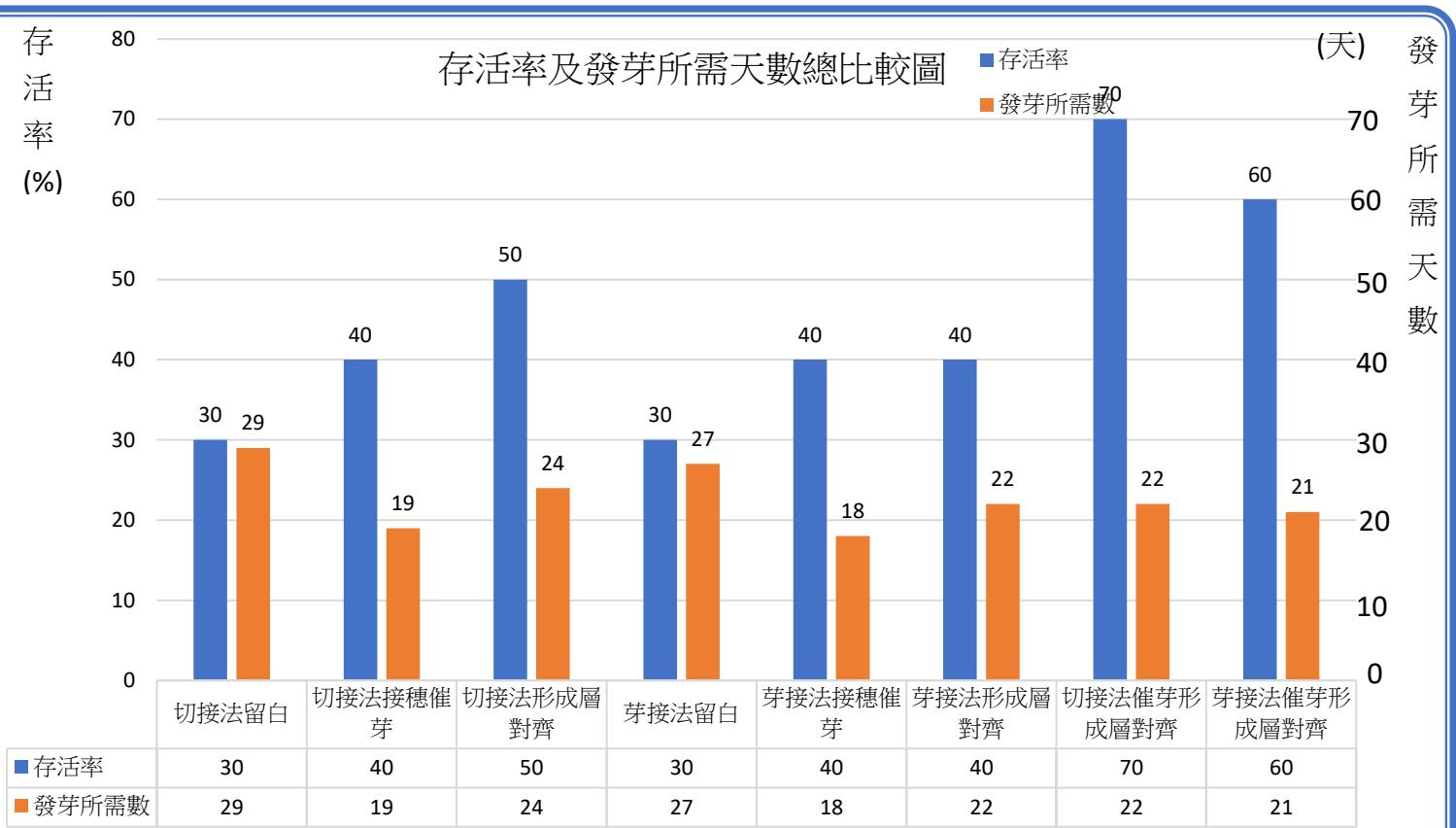
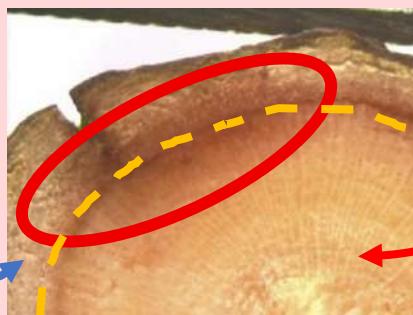
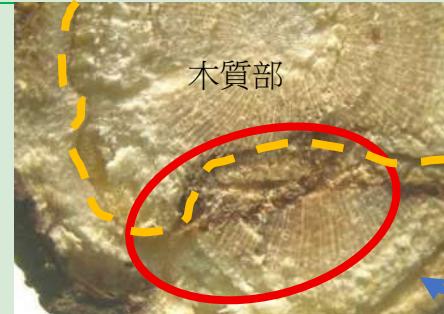


圖 30 存活率及發芽天數總比較圖(本圖片由作者 3 製作)

討論：從圖 30 可知本研究創新的嫁接方式「切接法搭配催芽和形成層對齊技術」能使存活率提高至 6 成及 7 成，而發芽天數均能減少 7~8 天，故本研究之創新嫁接方法能提高生產效能。

五、觀察嫁接後植株顯微鏡切片判斷嫁接後植株存亡原因

經過顯微鏡切片觀察，存活的植株與失敗的植株分別有以下的樣態與特徵：

存活	失敗
 <p>圖 31-1 接穗切片 接穗的木質部、韌皮部、形成層尚有水份，黃色虛線處為形成層</p>	 <p>圖 31-2 接穗切片 紅色橢圓內有壞死組織，黃色虛線處為形成層</p>
 <p>圖 31-3 嫁接癒合處上方 1 公分 紅色橢圓內有形成層癒合及增生組織 黃色虛線處為形成層</p>	 <p>圖 31-4 嫁接壞死處上方 1 公分 接穗部分整個發黑壞死 黃色虛線處為形成層</p>
 <p>圖 31-5 嫁接癒合處 紅色圓圈內有形成增生癒合黃色處為形成層</p>	 <p>圖 31-6 嫁接壞死處 紅色圓內形成層無癒合黃色處為形成層</p>

	
<p>圖 31-7 嫁接癒合處下方 1 公分 紅色圓圈內為最下端的癒合組織 黃色虛線處為形成層</p>	<p>圖 31-8 嫁接壞死處下方 1 公分 紅色橢圓內有乾枯壞死的組織，黃色虛線處為形成層</p>
	
<p>圖 31-9 砧木切片 砧木 的木質部、韌皮部、形成層尚有水份 黃色虛線處為形成層</p>	<p>圖 31-10 砧木切片 砧木的木質部、韌皮部、形成層缺乏水份，有乾枯的跡象 黃色虛線處為形成層</p>

圖 31 嫁接顯微鏡切片(本圖片由作者 1 製作、拍攝)

本研究從圖 31 的資料推論：嫁接成功是因為形成層有成功的對齊及癒合，因此呈現增生的癒合組織，此外砧木及接穗的木質部、韌皮部、形成層都還尚有水分。失敗的切片則呈現形成層沒有癒合的狀況，也有發現壞死腐爛的組織、嫁接處整個發黑壞死的現象，而砧木的木質部、韌皮部、形成層也都出現缺乏水分、乾枯的跡象。

伍、結論

根據研究目的、研究過程與方法、研究結果，本研究結論如下：

一、「切接法搭配留白技術」不會影響存活率和發芽天數，而「芽接法搭配留白技術」不會影響存活率但會稍微降低發芽天數（減少 2 天）。

二、「切接法搭配催芽技術」會提高存活率（增加 10 %）和減少發芽天數（減少 10 天），而「芽接法搭配催芽技術」也會提高存活率（增加 10 %）和減少發芽天數（減少 8 天）。

三、「切接法搭配形成層對齊技術」會提高存活率（增加 20 %）和減少發芽天數（減少 2 天），而「芽接法搭配形成層對齊技術」也會提高存活率（增加 10 %）和減少發芽天數（減少 7 天）。

四、本研究創新的嫁接方式「切接法搭配催芽和形成層對齊技術」會提高存活率（增加 40 %）和減少發芽天數（減少 7 天），而「芽接法搭配催芽和形成層對齊技術」也會提高存活率（增加 30 %）和減少發芽天數（減少 8 天）。綜上所述，**本研究所使用新的嫁接方式（催芽搭配形成層對齊）與傳統嫁接方式相比，可提高植株的存活率（存活率提升約 2.3 倍）和降低發芽天數（減少 7 天）**，此發現有助於植物嫁接生長，可提供農業上之應用價值。

五、植物**成功嫁接之顯微鏡切片**，其嫁接癒合處有砧木與接穗之形成層細胞分裂所產生的增生組織，且形成層也會相連在一起，故**形成層對齊是植株存活的主因**。另外，接穗催芽後可減少發芽天數，進而降低病蟲害、環境變化等外在風險，讓植株嫁接的存活率提升至更高。相對而言，嫁接失敗的顯微鏡切片可觀察到嫁接的部位有腐爛發黑的現象，而砧木的木質部、韌皮部與形成層也都出現缺水、乾枯的跡象。據此，形成層對齊攸關養分與水分的輸送，是植株存活的重要因素之一，值得重視和使用。

陸、參考資料

一、玫瑰藍色系與新式嫁接法之研究. (n.d.). 臺灣網路科教館.

<https://www.ntsec.edu.tw/SearchResult.aspx?qt=1&fld=0&key=%e6%a8%b9%e5%bd%a2%e7%8e%ab%e7%91%b0>

二、傷口癒合. (2009), September 10). 農業知識入口網.

<https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=27020>

三、黃圓滿. (2014, April 15). 現代化農業：蔬果嫁接. 科技大觀園.

<https://reurl.cc/D47lld>

四、柿子的嫁接方法. (2008, June 30). 農業知識入口網.

https://kmweb.moa.gov.tw/knowledge_view.php?id=1650

五、根砧 Root Stock. (n.d.). 農業知識入口網.

https://kmweb.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=pedia&sub_theme=km&id=576

六、接穗 Scion. (n.d.). 農業知識入口網.

https://kmweb.moa.gov.tw/theme_data.php?theme=pedia&sub_theme=km&id=517

七、楊嘉慧. (n.d.). 移花接木的嫁接栽培. 龍騰文化.

<https://www.ltedu.com.tw/web/scientific-epaper-content.aspx?KEY=52&ARTICLE=01>

【評語】030314

1. 以榴槤蜜與波羅蜜為施測對象，比較切接法與芽接法在不同輔助技術如留白、催芽、形成層對齊等方式的嫁接存活率與發芽天數。
2. 結果顯示單用留白技術效果有限，催芽及形成層對齊能提高存活率並縮短發芽天數，兩者結合成創新嫁接法，存活率提升至 70%，為傳統方法的 2.3 倍。
3. 對於應用層面或許有所參考價值，然而目前作品內回顧比較偏向技術介紹，建議多進行學術文獻回顧。
4. 不論切接法或是芽接法，存活率都很低(10 株內大約都只有 3 株存活)，在這很低的存活率下，所觀測的發芽天數是否仍具有代表意義呢？相對其他皆低於 50% 存活率，切接法催芽形成層對齊以及芽接法催芽形成層對齊的存活率高且發芽天數低，此類實驗應要多進行幾批次後才可得到穩固的結論。
5. 相關圖片之圖例應可補充明確的比例尺與標註關鍵部位。比較圖表及文字描述呈現結果變化，惟以平均值比較，未見顯著性檢定值如 P 值或標準差，組間數據應有統計分析顯示是否具顯著性。

6. 建議可以多了解哪些經濟植物常使用嫁接技術，利用其為實驗材料來測試。可多與傳統技術相比較，得以顯示出此發現的重要性。
7. 需要多增加學術理論基礎，並探討其作用原理。

作品海報



當榴槤蜜棗給波羅蜜
由榴槤蜜棗嫁接方式的存活率
探討不同嫁接方式的存活率

摘要

本研究主要探討不同嫁接方式對波羅蜜與榴槤蜜存活率之影響。研究採切接與芽接兩種方式，搭配留白、催芽及形成層對齊三種技巧進行比較。結果顯示：在25度C下，採用切接法搭配催芽及形成層對齊技術，可使存活率達70%，高於傳統方法的30%。此創新技術能使存活率提升約2.3倍。再者，觀察顯微鏡切片，發現砧木與接穗之形成層會相連在一起，並產生增生組織，故形成層對齊是植株存活的主因。另外，接穗催芽後可減少發芽天數，降低病蟲害、環境變化等外在風險，讓存活率更高。相對而言，嫁接失敗的顯微鏡切片可觀察到嫁接部位有腐爛、發黑與缺水。據此，形成層對齊攸關養分與水分的輸送，是植株存活的關鍵因素，值得重視和使用。

壹、前言

一、研究動機

有次在上生物課時，老師帶我們進行校園觀察，我們看到了一株植物的莖被繩帶纏繞，此部分的莖也比其他地方粗壯，老師介紹這是保存植物品種之優良特性、還能讓不同植物互補的技術——「嫁接」。為了更深入了解嫁接，本組開始查閱資料，卻發現現有的文獻資料大多著重於嫁接的原理和優點，對於不同嫁接手法可能產生的影響卻鮮有提及。正好現在是冬季，波羅蜜和榴槤蜜以其耐寒的特性，成為本組研究嫁接的最佳選擇。為了探索不同的嫁接手法是否會對波羅蜜樹產生不同的影響，本組決定開始進行研究與實驗，希望透過實際操作，為未來的植物嫁接技術提供更多參考依據。

二、研究目的：本組提出了下列7種方法，並進行改良。

(一) 探討留白技術之存活率和發芽天數

1-1切接法留白（切接法搭配留白技術）之存活率和發芽天數

1-2芽接法留白（芽接法搭配留白技術）之存活率和發芽天數

(二) 探討催芽技術之存活率和發芽天數

2-1切接法催芽（切接法搭配催芽技術）之存活率和發芽天數

2-2芽接法催芽（芽接法搭配催芽技術）之存活率和發芽天數

(三) 探討形成層對齊技術之存活率和發芽天數

3-1切接法形成層對齊（切接法搭配形成層對齊技術）之存活率和發芽天數

3-2芽接法形成層對齊（芽接法搭配形成層對齊技術）之存活率和發芽天數

(四) 新創手法-同時搭配催芽和形成層對齊技術之存活率和發芽天數

4-1切接法搭配催芽和形成層對齊（切接法搭配催芽及形成層對齊技術）之存活率和發芽天數

4-2芽接法搭配催芽和形成層對齊（芽接法搭配催芽及形成層對齊技術）之存活率和發芽天數

(五) 觀察嫁接後植株顯微鏡切片判斷嫁接後植株存亡原因

三、文獻回顧

(一) 嫁接的方式

1.切接法：首先將砧木上部切除，垂直切下一缺口，接穗下端則削成楔形，二者的形成層須完全密合。切接法過程如圖1所示。

(1)優點：很快就可以長出葉子，嫁接口容易癒合。

(2)缺點：如嫁接膜或束帶材質不好，不易分解使生長點被壓制，營養傳輸受阻。

(3)適用場景：適用於較粗的砧木。

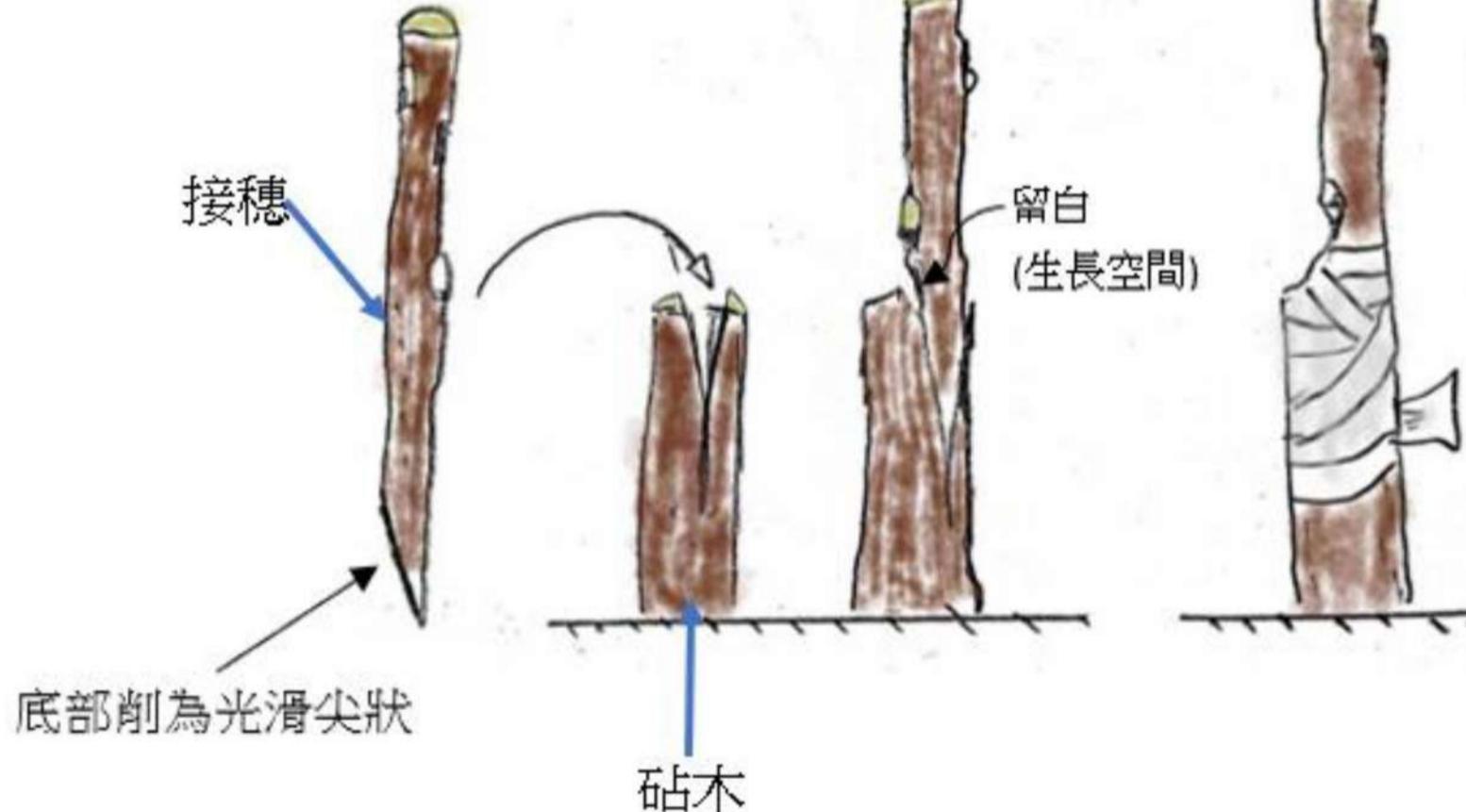


圖1 切接法手繪示意圖

(本圖片由作者3手繪)

2.芽接法：芽接法之接穗與砧木形成層接觸面積大，癒合組織生長結實，不易脫落，芽點催芽後能快速成長。芽接法過程如圖2所示。

(1)優點：節省接穗、18~29日內可知成活與否。

(2)缺點：芽從接穗枝條上剝離時，會出現維管束缺失的問題存活率降低。

(3)適用場景：適合形成層面積小的植物，使接觸面積增大，癒合容易，較快發芽。

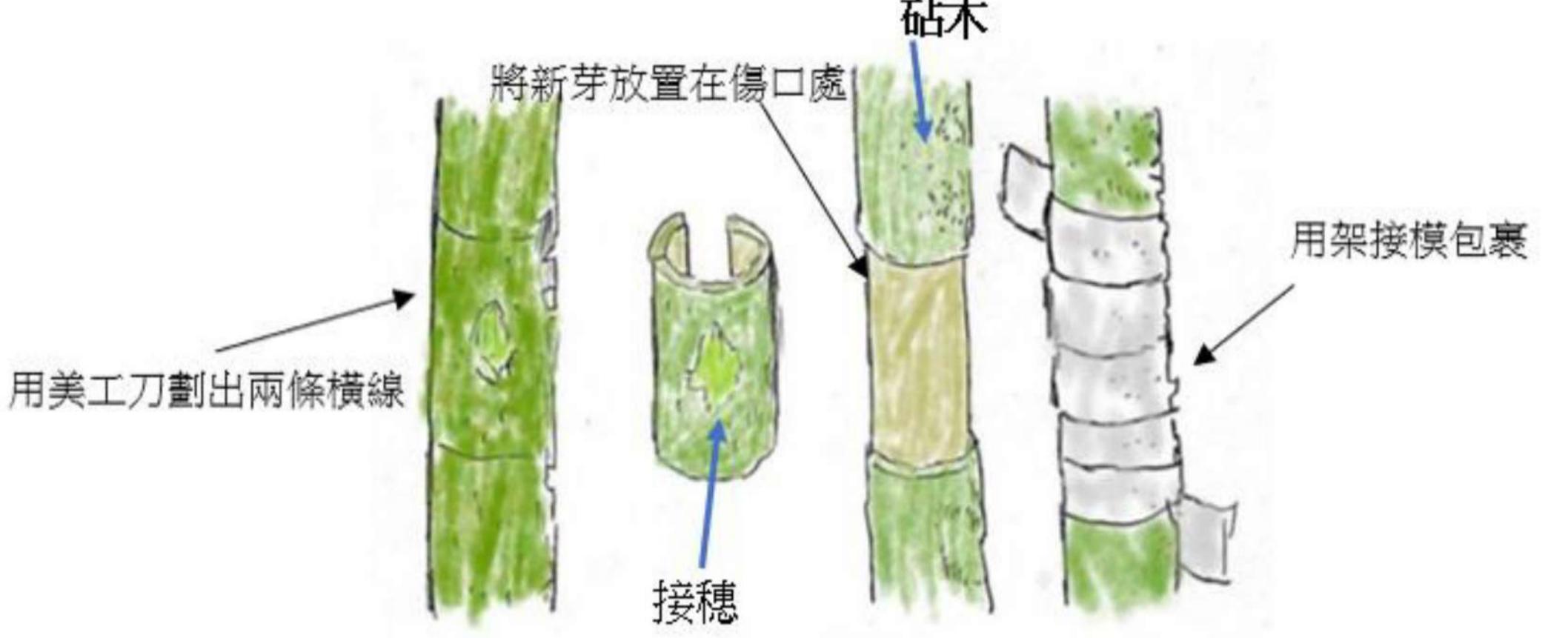


圖2 芽接法手繪示意圖

(本圖片由作者3手繪)

3.嫁接可使用的技術

表1嫁接技術整理

技術	詳細說明
留白	留白是在嫁接過程中，將接穗與砧木貼合的一面，露出一部分切面高於砧木，這個接穗留出來的切面就是留白。接穗留白一般常用於砧木上方切接。
催芽	接穗催芽是指在嫁接前兩週將在樹上的接穗枝條頭部剪掉，兩週後要嫁接時，接穗會冒出新芽點，這個過程稱為催芽。
形成層 對齊	接穗的兩條形成層與砧木上的兩條形成層要緊密貼緊，若砧木剖面和接穗剖面寬度不一致時，則難以兩條形成層都對齊，但至少應對準一條。

4.如何判斷嫁接存活或失敗

(1)存活：砧木與接穗嫁接的部分會完整癒合，且接穗會長出新葉。

(2)失敗：接穗會有不新鮮或枯萎的跡象或者嫁接處泛黃、泛黑等現象。

貳、研究設備與材料

一、實驗器材



圖3實驗器材(本圖由作者2拍攝並製作)

參、研究過程與方法

一、研究流程圖



研究流程圖

(本圖由作者3製作)

二、切接法過程



圖 5-1 將砧木要嫁接的部分進行消毒。
圖 5-2 剪掉嫁接部分以上。
圖 5-3 用美工刀把砧木切出一個口子。
圖 5-4 把接穗底部的一面削成尖狀。
圖 5-5 另一面也是，但削的比第一面短。



圖 5-6 將接穗插入砧木。
圖 5-7 用嫁接膜將砧木和接穗包住。
圖 5-8 使用束帶將砧木和接穗固定。
圖 5-9 使用束帶於相反方向固定。
圖 5-10 切接法完成圖。

三、芽接法過程



圖 6-1 選擇要嫁接的地方進行消毒。
圖 6-2 在砧木上用美工刀縱向割出兩條線。
圖 6-3 再用美工刀橫向割出兩條線。
圖 6-4 用消毒過後的手把樹皮撥開。
圖 6-5 將接穗消毒。

圖 6-6 接穗上割出和砧木大小相符的切口。
圖 6-7 用消毒過後的手把芽點撥開。
圖 6-8 將接穗的新芽點放置砧木的傷口處。
圖 6-9 用嫁接膜把砧木和接穗包住。
圖 6-10 芽接法完成圖。

圖5切接法過程(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

四、研究方法與變因探討

(一)留白搭配各式嫁接法之存活率和發芽天數

1. 實驗1-1測試切接法留白之存活率和發芽天數
 - (1)材料：砧木(波羅蜜) 10株、接穗 10株。
 - (2)設備：剪刀、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
 - (3)控制變因：溫度。攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間。
 - (4)操縱變因：是否留白



圖 7-1 將砧木接穗都處理好。
圖 7-2 兩者組裝時，露出截面。
圖 7-3 包上嫁接膜和束帶。

圖7切接法留白實驗過程(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

2. 實驗1-2測試芽接法留白之存活率和發芽天數

- (1)材料：砧木(波羅蜜) 10株、接穗10株。
- (2)設備：剪刀、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
- (3)控制變因：溫度:攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間
- (4)操縱變因：是否留白



圖 9-1 將砧木接穗都處理好。
圖 9-2 兩者組裝時，接穗和砧木之間露出截面。
圖 9-3 包上嫁接膜和束帶。

(二)催芽搭配各式嫁接法之存活率和發芽天數

1. 實驗2-1測試切接法接穗催芽之存活率和發芽天數
 - (1)材料：砧木(波羅蜜) 10株、接穗10株。
 - (2)設備：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
 - (3)控制變因：溫度:攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間。
 - (4)操縱變因：接穗是否經過催芽。



圖11切接法催芽實驗過程(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

2. 實驗2-2測試芽接法接穗催芽之存活率和發芽天數

- (1)材料：砧木(波羅蜜) 10株、接穗10株。
- (2)設備：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
- (3)控制變因：溫度:攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間。
- (4)操縱變因：接穗是否經過催芽。



圖13芽接法催芽實驗過程(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

(三)測試形成層對齊搭配各式嫁接法之存活率和發芽天數

1. 實驗3-1測試切接法形成層對齊之存活率和發芽天數

- (1)材料：砧木(波羅蜜) 10株、接穗10株。
- (2)設備：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
- (3)控制變因：溫度:攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間。
- (4)操縱變因：形成層是否對齊。



圖15切接法形成層對齊實驗過程(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

2. 實驗3-2測試芽接法形成層對齊之存活率和發芽天數

- (1)材料：砧木(波羅蜜) 10株、接穗10株。
- (2)設備：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
- (3)控制變因：溫度:攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間。
- (4)操縱變因：形成層是否對齊。



圖17芽接法形成層對齊實驗過程(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

(四)測試存活率高方法之搭配

1. 本研究創新嫁接法之改良方向

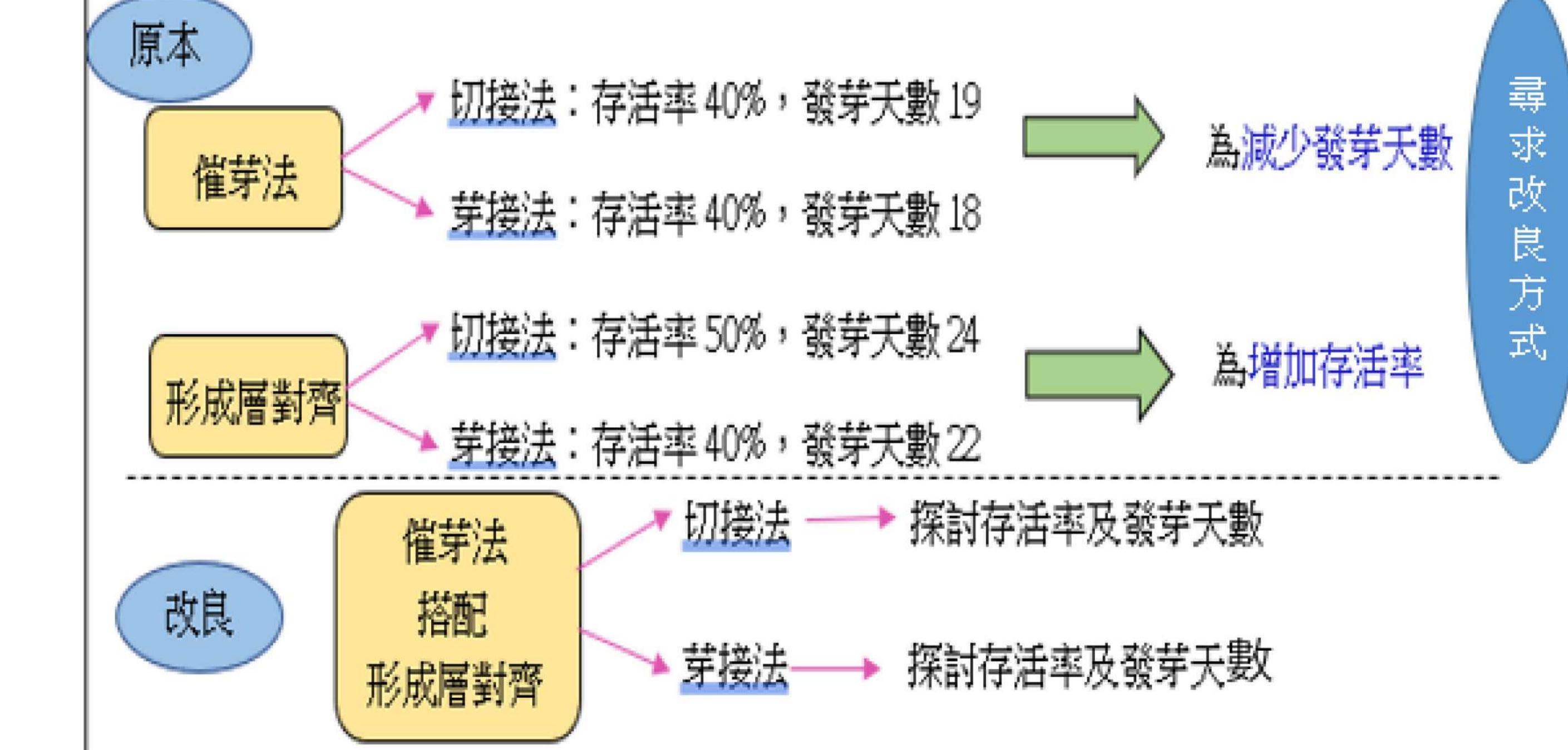


圖19本研究創新嫁接法之改良方向(本圖片由作者3製作)

說明：在實驗1-1、1-2、2-1、2-2、3-1、3-2中發現能增加存活率的方法分別有催芽技術及形成層對齊技術，但留白技術並不能增加存活率，故本研究不把留白當作創新嫁接之操縱變因，而是將催芽法搭配形成層對齊，測試切接法及芽接法之存活率、發芽天數，發展出新型嫁接方法。

2. 實驗4-1 測試切接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數

- (1) **材料**：砧木(波羅蜜) 10株、接穗10株。
- (2) **設備**：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
- (3) **控制變因**：溫度:攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間
- (4) **操縱變因**：催芽和形成層對齊。



圖 20 切接法催芽法和形成層對齊實驗過程(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

3. 實驗5-1 測試芽接法搭配催芽和形成層對齊之存活率和發芽天數

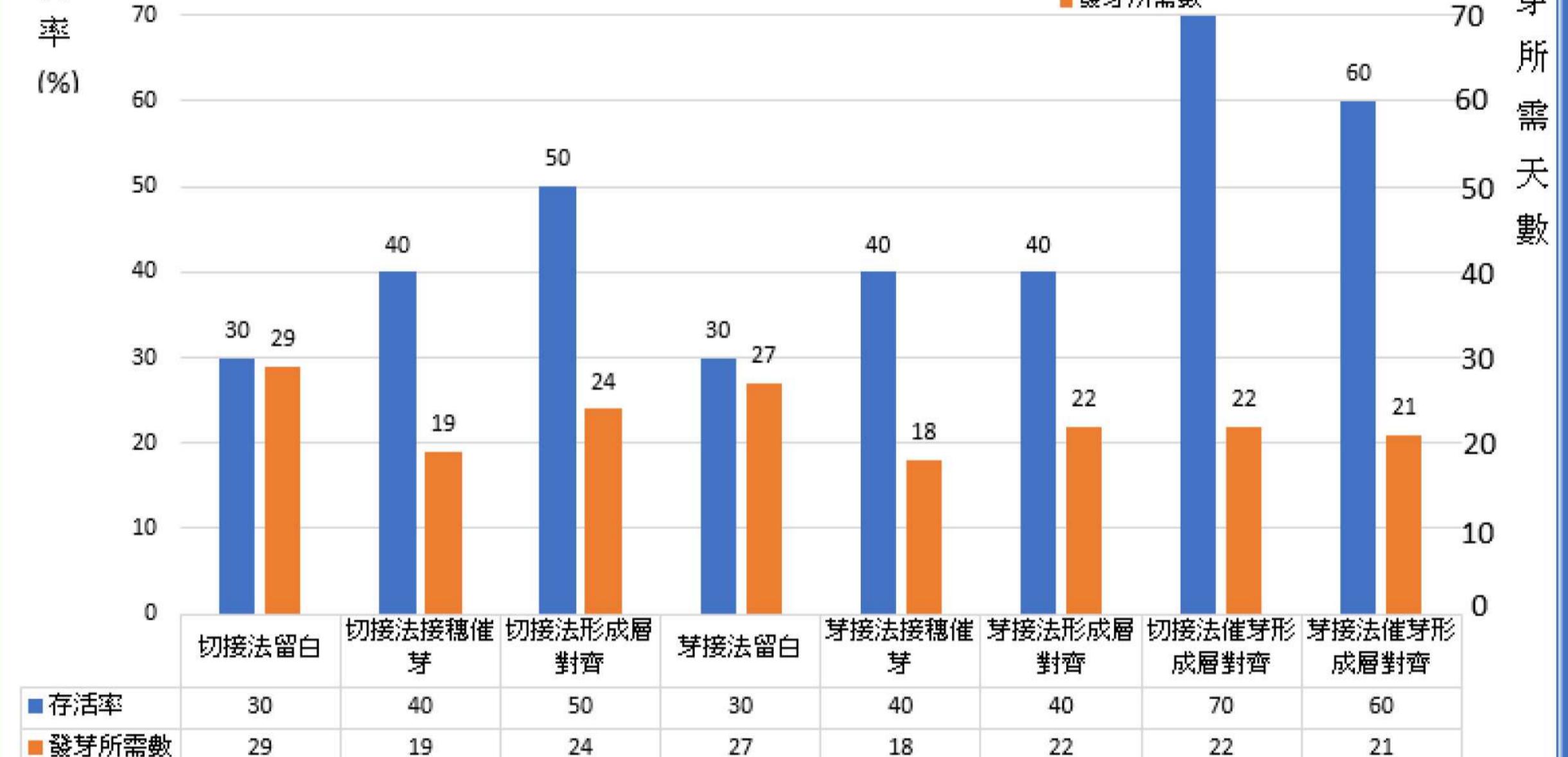
- (1) **材料**：砧木(波羅蜜) 10株、接穗10株。
- (2) **設備**：樹枝剪、美工刀、自製單面刃嫁接刀、嫁接膜、束帶。
- (3) **控制變因**：溫度:攝氏25.0度、水分:濕度計指針指在2~3之間
- (4) **操縱變因**：催芽和形成層對齊。



圖21芽接法催芽法和形成層對齊(本圖片由作者1製作、作者2拍攝)

肆、研究結果與討論

一、各種嫁接法與嫁接技巧組合之綜合比較



討論：本研究創新的嫁接方式「切接法搭配催芽和形成層對齊技術」能使存活率提高至6成及7成，而發芽天數均能減少7~8天，故本研究之創新嫁接方法能提高生產效能。

二、觀察嫁接後植株顯微鏡切片判斷嫁接後植株存亡原因

經過顯微鏡切片觀察，存活的植株與失敗的植株分別有以下的樣態與特徵：



圖31嫁接顯微鏡切片(本圖片由作者1製作、拍攝)

本研究從圖31的資料推論：

嫁接成功是因為形成層有成功的對齊及癒合，因此呈現增生的癒合組織，此外砧木及接穗的木質部、韌皮部、形成層都還尚有水分。失敗的切片則呈現形成層沒有癒合的狀況，也有發現壞死腐爛的組織、嫁接處整個發黑壞死的現象，而砧木的木質部、韌皮部、形成層也都出現缺乏水分、乾枯的跡象。

伍、結論

根據研究目的、研究過程與方法、研究結果，本研究結論如下

一、「切接法搭配留白技術」不會影響存活率和發芽天數，而「芽接法搭配留白技術」不會影響存活率但會稍微降低發芽天數（減少2天）。

二、「切接法搭配催芽技術」會提高存活率（增加10%）和減少發芽天數（減少10天），而「芽接法搭配催芽技術」也會提高存活率（增加10%）和減少發芽天數（減少8天）。

三、「切接法搭配形成層對齊技術」會提高存活率（增加20%）和減少發芽天數（減少2天），而「芽接法搭配形成層對齊技術」也會提高存活率（增加10%）和減少發芽天數（減少7天）。

四、本研究創新的嫁接方式「切接法搭配催芽和形成層對齊技術」會提高存活率（增加40%）和減少發芽天數（減少7天），而「芽接法搭配催芽和形成層對齊技術」也會提高存活率（增加30%）和減少發芽天數（減少8天）。綜上所述，本研究所使用新的嫁接方式（催芽搭配形成層對齊）與傳統嫁接方式相比，可提高植株的存活率（存活率提升約2.3倍）和降低發芽天數（減少7天），此發現有助於植物嫁接生長，可提供農業上之應用價值。

五、植物成功嫁接之顯微鏡切片，其嫁接癒合處有砧木與接穗之形成層細胞分裂所產生的增生組織，且形成層也會相連在一起，故形成層對齊是植株存活的主因。另外，接穗催芽後可減少發芽天數，進而降低病蟲害、環境變化等外在風險，讓植株嫁接的存活率提升至更高。相對而言，嫁接失敗的顯微鏡切片可觀察到嫁接的部位有腐爛發黑的現象，而砧木的木質部、韌皮部與形成層也都出現缺水、乾枯的跡象。據此，形成層對齊攸關養分與水分的輸送，是植株存活的重要因素之一，值得重視和使用。

陸、未來應用

由上述的實驗結果可知，嫁接時使用「催芽」和「形成層對齊」可使嫁接存活率提高。本組發想未來可改良農業上的嫁接技術，嫁接時加入催芽、形成層對齊使存活率得到進一步的提升，使蔬果中優良的基因得到繁衍及保存。

柒、參考資料

一、玫瑰藍色系與新式嫁接法之研究. (n.d.). 臺灣網路科教館.
<https://www.ntsec.edu.tw/SearchResult.aspx?qt=1&fld=0&key=%e6%a8%b9%e5%bd%a2%e7%8e%ab%e7%91%b0>

二、傷口癒合. (2009), September 10. 農業知識入口網.
<https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=27020>