

出國報告（出國類別：進修）

農委會農業菁英培訓計畫-  
切花採後逆境成因、水分平衡  
與生理指標探討

服務機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

姓名職稱：陳彥樺助理研究員

派赴國家/地區：美國/紐約州

出國期間：2017年8月15日至2021年8月14日

報告日期：2021年10月27日

## 摘要

筆者幸獲行政院農業委員會農業菁英培訓計畫，前往美國康乃爾大學攻讀博士學位。研究範疇為切花採收後生理，以百合切花為研究材料，進行百合切花採收後水分逆境成因之探討。切花採收後即中斷根部水分吸收，面臨水分逆境，若不立即插入水中，可能因蒸散作用而致木質部氣泡栓塞，影響切花水分傳遞效率。以百合切花為例，當離水時間超過 24 小時後再置於水中，影響後續花苞開放大小、花朵壽命及葉片黃化。離水時間對不同品種之影響亦有差異，百合品種‘Sorbonne’較‘Nashville’易受離水時間影響採後品質。木質部導管傳送水分效率亦受到微生物阻塞影響。切花生產者採收切花後將其置入水桶，其水桶清洗之必要仍受到多數切花業者疑問：水質乾淨程度是否會影響切花品質？以百合切花為例，當水中微生物含量超過  $10^7$  cfu·mL<sup>-1</sup> (colony-forming-unit per milliliter) 時，百合切花吸水量下降，鮮重維持天數縮短，後期花苞開放度不佳、花朵小，且單花壽命變短。當百合切花瓶插於含菌髒水( $10^7$  cfu·mL<sup>-1</sup>) 0 至 3 天再移入乾淨自來水或是持續瓶插於含菌髒水，結果顯示接觸含菌髒水時間越久，切花吸水量越少，吸水量下降即影響鮮重維持、花朵開放以及花朵壽命。不同品種對於含菌髒水之耐受度不同，百合‘Sorbonne’接觸髒水時間僅 24 小時即造成吸水量大幅縮減近 5 成，相較之下 ‘Nashville’接觸髒水的耐受時間較長，吸水量縮減幅度也較少。可能原因之一為維管束構造差異，‘Sorbonne’的木質部導管管徑較小，較易受到微生物阻塞影響。微生物分布密度隨著切花吸水自莖基部開口向上遞減，離莖基部開口越近，微生物含量越高，距切口 3 公分莖段含菌量超過  $10^8$  cfu。進一步分析切花瓶插後水中及莖部的微生物群落變化，抽取水中及莖幹內的細菌 DNA

進行 16S rRNA 基因序列定序鑑定微生物種類。結果顯示不同切花材料來源、不同切花種類、以及瓶插期間不同天數，其微生物群落變化皆有顯著差異且主要微生物種類隨著瓶插天數消長。另，不同採集樣本，瓶插花跟花莖，其主要微生物種類亦有所不同。綜合上述研究結果，離水時間與微生物影響切花採收後之水分生理，尤以水中微生物之含量與接觸時間為採後處理流程之重要管理標的。微生物群落菌相之變化於採收後處理各環節仍未知，例如儲運期間之莖幹內部的細菌生長速度，後續相關研究對於切花水分生理及採後處理環境衛生之管理有所助益。國內於切花採後處理相關研究較少探討水分逆境以及微生物對切花儲運的影響，並檢視整體採後處理流程。建議可概觀採後流程全面問題後再針對個別問題研究解決以優化標準作業流程。

# 目錄

壹、目的.....	5
貳、研究過程與成果.....	6
一、離水時間對百合切花吸水性及採後品質之影響.....	6
二、高細菌含量及髒水暴露時間長降低百合切花吸水性及採後品質.....	12
三、花莖中的細菌分佈情形.....	19
四、瓶插花及花莖之微生物菌相群落變化.....	23
參、心得及建議.....	29

## 壹、目的

當生產者栽培出優質切花進行銷售時，在採後生理及處理流程上如何維持採收後品質以提高消費者購買意願及拓展國內外花卉市場是重要課題。花莖剪下後因無根系自土壤介質吸收水分，切花即開始進入水分散失的狀態。離水時間的長短是否會影響復水後的吸水量以及採收後觀賞品質(如花朵壽命、葉片壽命、瓶插天數等)，仍待進一步釐清。此外，切花的水分吸收十分重要，一旦植體水分運送受阻或中斷，則易造成垂頭、花朵開放受限或是葉片枯黃萎凋。有鑑於此，此研究計畫探討造成切花生理逆境的主要因子並以水質潔淨程度也就是微生物含量對於切花採收後水分吸收影響為核心問題研究，以作為後續切花觀賞品質提升之因應對策的參考依據。

## 貳、研究過程與成果

### 一、離水時間對百合切花吸水性及採後品質之影響

水分平衡是切花採後生理的主要問題。收穫後，切花無法從根部獲取水分，有時會在木質部內形成栓塞，這會降低水分吸收並減少花卉壽命。將鮮花放入花瓶之前的離水時間可能會影響補水能力。然而對切花造成不可逆損害的離水持續時間尚不清楚。因此，我們以百合為研究材料，探討離水時間對百合切花的吸水量和採後品質的影響。

百合品種‘Sorbonne’、‘Santander’和‘Nashville’在 20 °C 下離水 0、8、24 或 48 小時後瓶插於含有 2%蔗糖和殺菌劑的溶液。經離水時間處理的百合於 24 小時瓶插期的吸水量顯著高於對照組。百合‘Nashville’經過 8、24 或 48 小時離水後再瓶插吸水，24 小時內吸水量為 33~34 mL，而對照組為 27.7mL，增加了 24%。‘Santander’經離水 48 小時的於 24 小時內再吸水量幾乎是對照組的兩倍，‘Sorbonne’經離水 24 小時後，於 24 小時內再吸水量比對照組高 47%。雖然離水處理之百合切花於 24 小時復水瓶插期較對照組增加了吸水量，但 10 天瓶插期的離水處理組總吸水量顯著低於對照組。離水 48 小時使‘Nashville’的總吸水量減少了 27%，‘Sorbonne’減少了 48%。離水 24 或 48 小時的百合花朵比對照組和 8 小時離水處理的花朵更小。離水 24 小時的‘Nashville’比對照組早 3 天出現葉片黃化，離水 48 小時的‘Sorbonne’提前 2 天葉片黃化。因此，雖然百合切花有能力從嚴重失水中恢復部分吸水量，但瓶插前的離水時間會減少吸水量並對採收後觀賞品質產生負面影響。

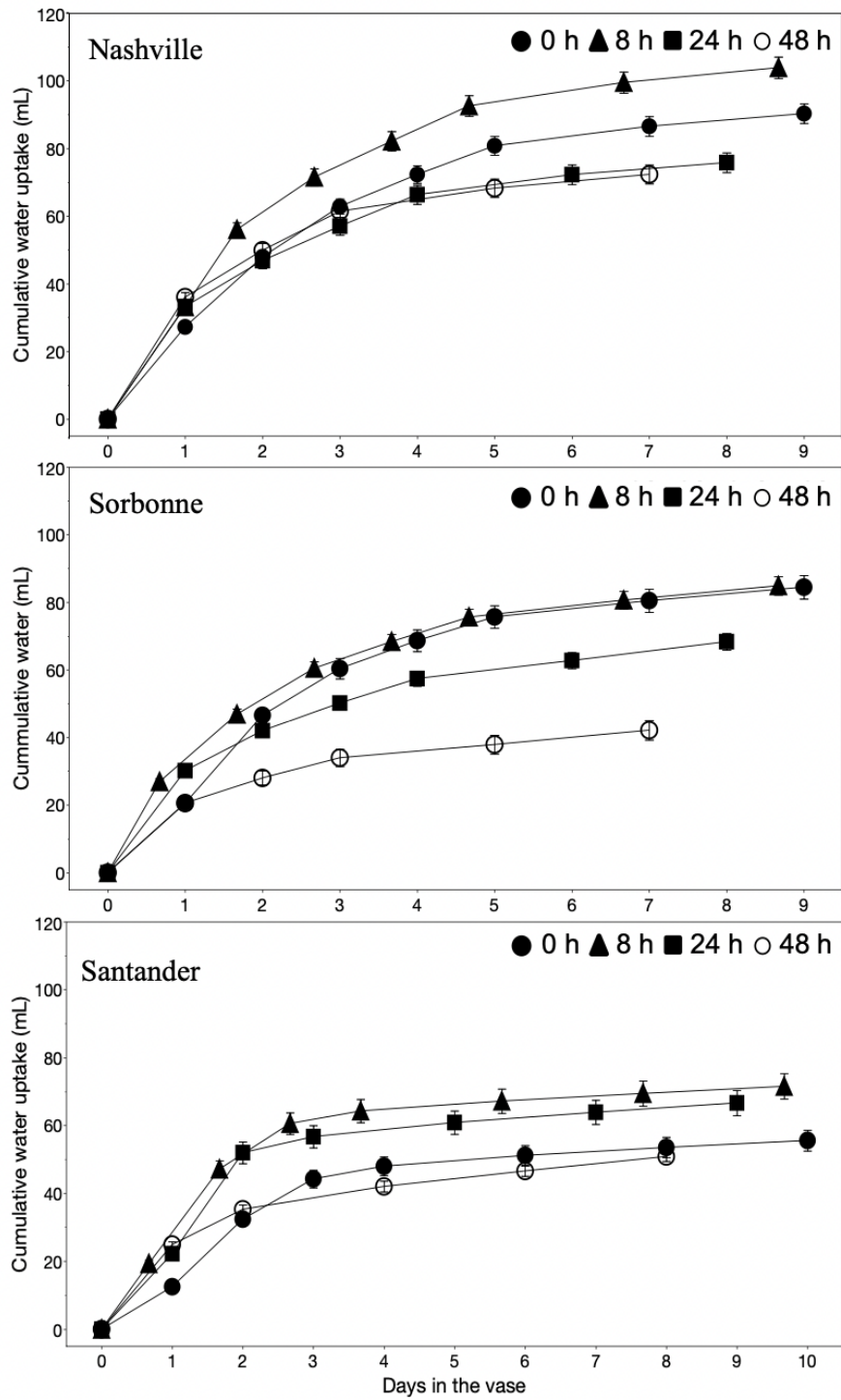


Figure 1.1 Cumulative water uptake of *Lilium*. Data are means of 10, 10, and 7 stems for ‘Nashville’, ‘Sorbonne’ and ‘Santander’ respectively. Bars represent standard error. If no bar is visible, it falls within the symbol dimension.

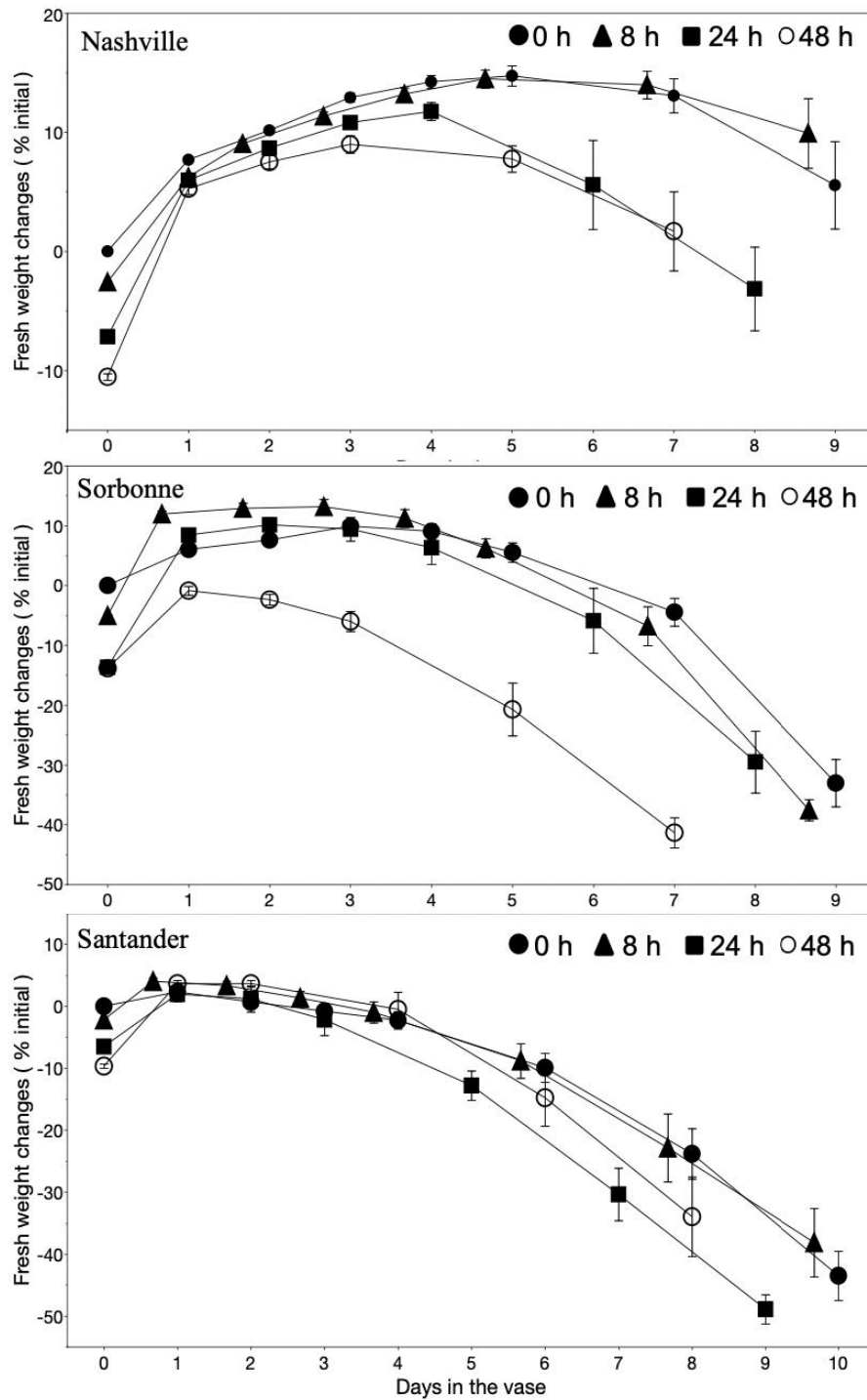


Figure 1.2 Fresh weight changes of *Lilium*. Data are means of 10, 10, and 7 stems for ‘Nashville’, ‘Sorbonne’ and ‘Santander’ respectively. Bars represent standard error. If no bar is visible, it falls within the symbol dimension.





Figure 1.3 Appearance of *Lilium* 'Sorbonne' after 6 d in the vase after the indicated dehydration treatments.

Table 1.1 Dehydration effects on water uptake and fresh weight change in the first 24 h rehydration of *Lilium* ‘Nashville’, ‘Sorbonne’, and ‘Santander’.

Cultivars	Dehydration duration (h)	Fresh weight loss during dehydration (% initial)	Fresh weight change after 24 h rehydration (% initial)	Water uptake after 24 h rehydration (mL)	Total water uptake in 9 -10 d (mL)
Nashville	0	NA	7.7 a	27.7 <sup>z</sup> b <sup>y</sup>	90.3 b
	8	-2.6 a	6.2 b	33.9 a	103.9 a
	24	-7.2 b	6.0 bc	32.9 a	75.8 c
	48	-10.5 c	5.3 c	34.4 a	72.3 c
Sorbonne	0	NA	6.0 c	20.5 c	84.4 a
	8	-5.1 a	11.9 a	26.9 b	84.8 a
	24	-13.7 b	8.4 b	30.2 a	69.3 b
	48	-13.8 b	-0.87 d	20.6 c	44.1 c
Santander	0	NA	2.3 a	12.5 c	55.6 b
	8	-2.2 a	4.0 a	19.3 b	71.5 a
	24	-6.5 b	2.0 a	22.2 ab	67.2 a
	48	-9.6 c	3.6 a	24.9 a	52.8 b

<sup>z</sup> Data are means of 10 replicates per treatment for ‘Nashville’ and ‘Sorbonne’, 7 replicates for ‘Santander’.

<sup>y</sup> Data in columns with the same letter are not significantly different ( $p$ -value < 0.05).

Table 1.2 Dehydration effects on postharvest quality of *Lilium* ‘Nashville’, ‘Sorbonne’, and ‘Santander’.

Dehydration duration (h)	Stem vase life (days)			Days to leaf yellowing		
	Nash	Sorb	Sant	Nash	Sorb	Sant
0	14.0 <sup>z</sup> ab <sup>y</sup>	8.7 a	9.6 a	13.4 a	10.5 a	9.6 ab
8	14.9 a	7.8 a	10.3 a	10.8 b	7.8 b	9.8 a
24	14.5 ab	9.4 a	9.9 a	9.5 b	7.9 b	8.0 b
48	12.1 b	7.8 a	10.0 a	9.4 b	6.1 b	9.7 ab

<sup>z</sup> Data are means of 10 replicates per treatment for ‘Nashville’ and ‘Sorbonne’, 7 replicates for ‘Santander’.

<sup>y</sup> Data in columns with the same letter are not significantly different ( $p$ -value < 0.05)

## 二、高細菌含量及髒水暴露時間長降低百合切花吸水性及採後品質

水對於保持切花的採後品質極為重要，保持切花採收後處理流程的高度清潔是切花產業的重點管理項目之一。百合生產者對於保持採收後處理衛生的必要性有所疑問，因百合比其他花卉(例如非洲菊)似乎更不容易受到“髒水”的影響。然此乃似是而非的論點且未受到驗證。因此我們提出假設：百合切花放在細菌數量較多的水中會降低吸水量和採收後觀賞品質。百合品種‘Sorbonne’和‘Nashville’在第一朵花開放前 1-2 天採收，並置放於不同細菌含量 ( $0$  至  $2 \times 10^7$  cfu·mL<sup>-1</sup>) 的瓶插水。平均單花壽命和花朵直徑與累積吸水量呈正相關，而累積吸水量又受到瓶插水中初始細菌數量的負面影響。當細菌含量大於  $10^6$  cfu·mL<sup>-1</sup> 時，吸水量和單花壽命顯著減少。為了研究百合切花於含菌髒水 (BW) 持續置放時間的影響，將百合切花置放於  $2 \times 10^7$  cfu·mL<sup>-1</sup> BW 1、2 或 3 天，然後放入乾淨的水中，或連續放置在 BW 中。與對照組瓶插於乾淨自來水相比，‘Sorbonne’ 置放於 BW 24 小時的總吸水量減少了 45%。隨著置放於 BW 的時間增加，吸水量減少愈增明顯。‘Nashville’也有相似的研究結果。百合品種 ‘Sorbonne’ 置於 BW 時間增加時，花朵直徑和花朵壽命顯著降低，但‘Nashville’花朵直徑和花朵壽命未因 BW 處理而有變化。除了水中細菌含量以及含菌髒水放置時間的影響，亦探討採收成熟度對於瓶插含菌髒水 (BW) 的耐受差異。採收成熟度分為嫩綠花苞期 (第一個花蕾開放前 1 週收穫)與成熟花苞期(第一、二花蕾已轉色膨大)。百合 ‘Nashville’ 切花於嫩綠花苞期採收瓶插於含菌髒水(BW) 較成熟花苞期採收之切花縮短了瓶插壽命，也減少了花朵開放直徑。總結數據表明增加細菌數量和放置髒水時間會減少吸水量、花朵直徑和花朵壽命。建議仍須清洗水桶並保持清潔，以提高切花採收後品質。

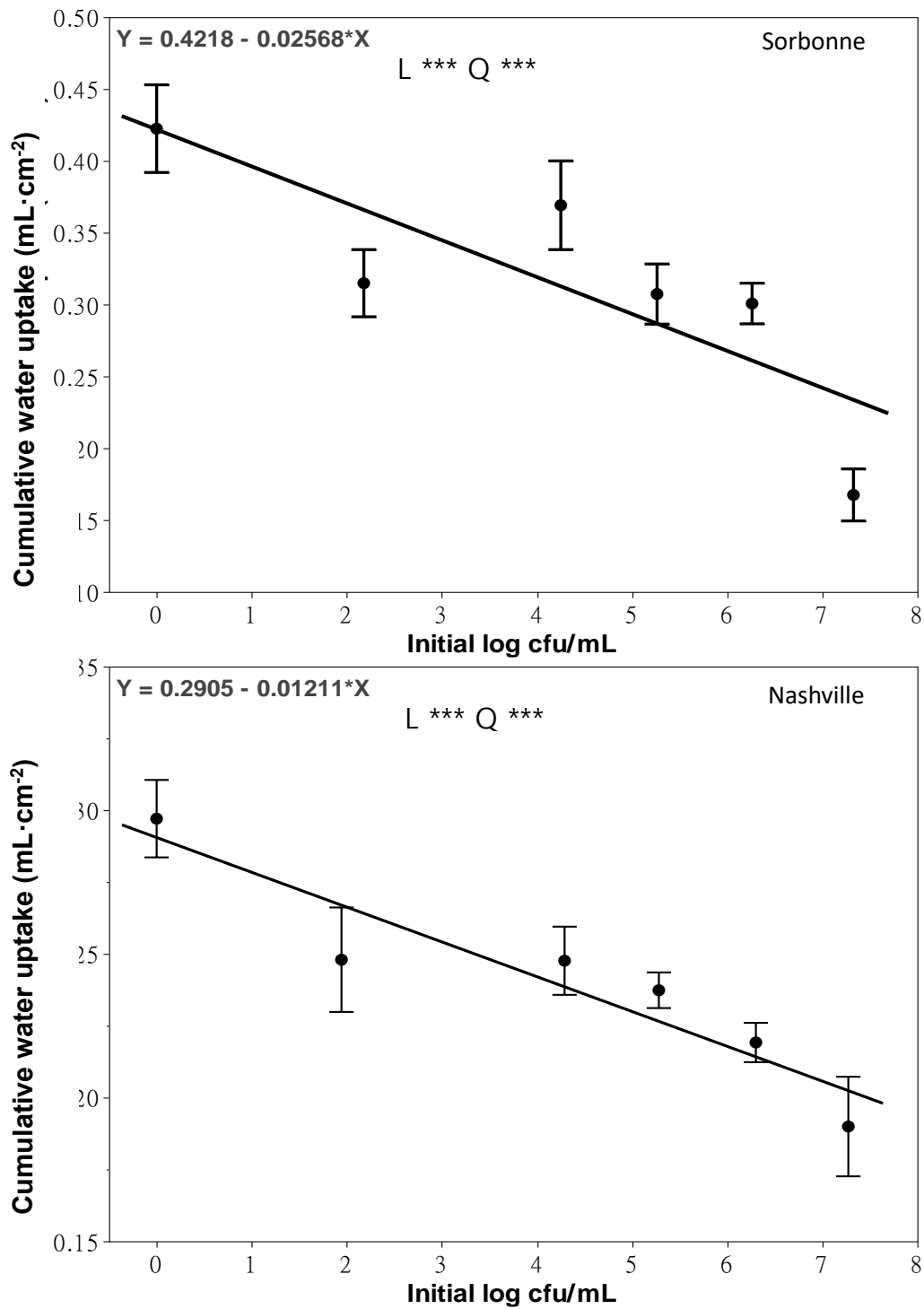


Figure 2.1 The correlation of initial bacteria population and cumulative water uptake of ‘Sorbonne’ (top) and ‘Nashville’ (bottom). Data points represent the mean cumulative water uptake of 5 plants for each treatment. Bar is the standard error.

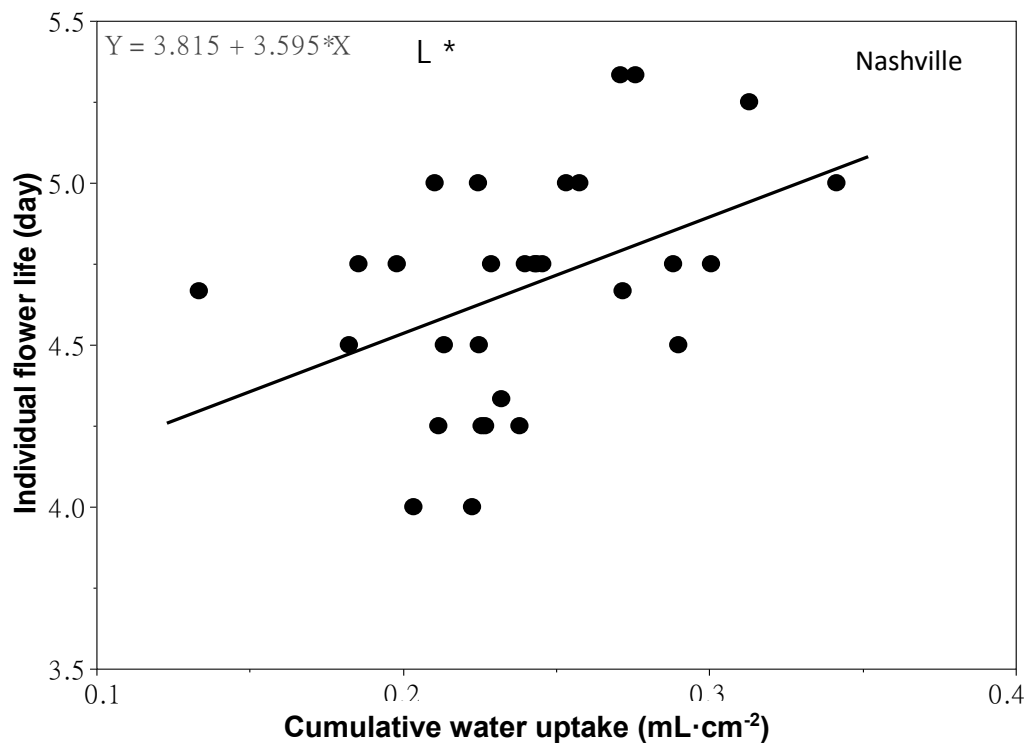
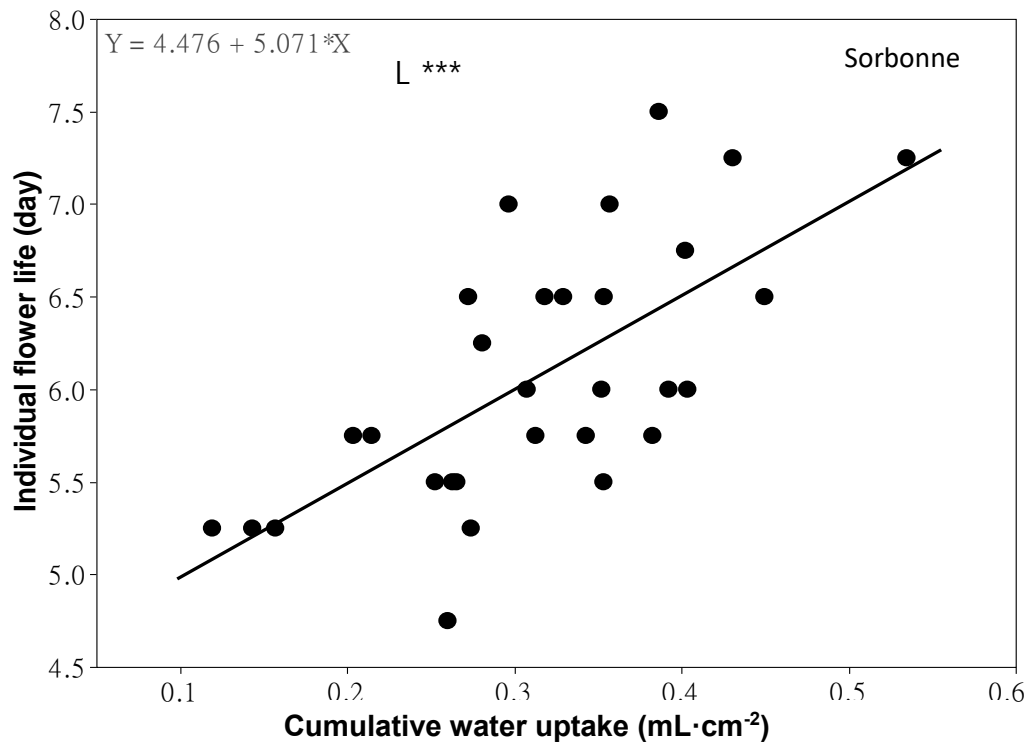


Figure 2.2 The correlation of individual flower life to cumulative water uptake in 8 days of ‘Sorbonne’ (top) and ‘Nashville’ (bottom).

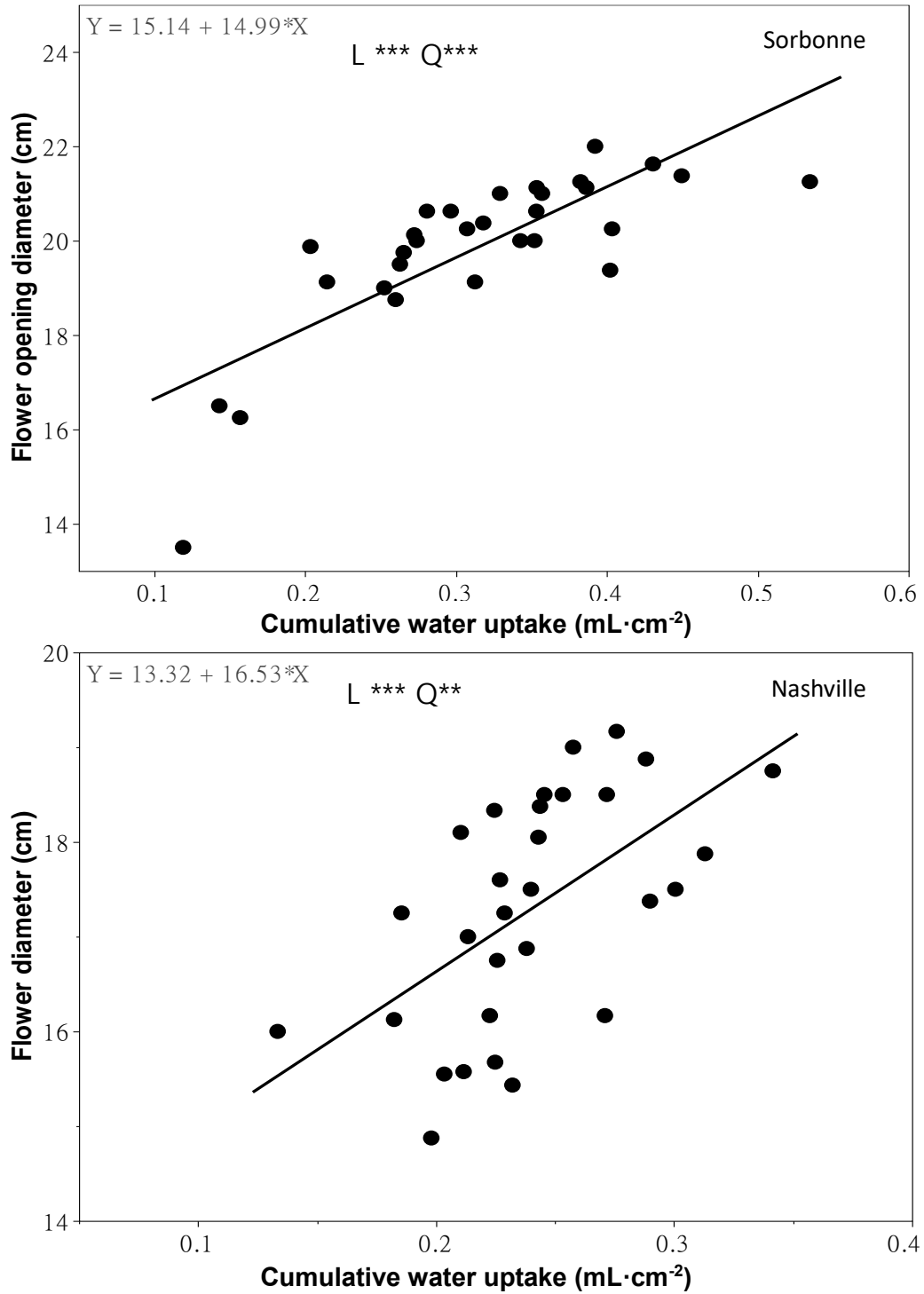


Figure 2.3 The correlation of flower diameter to cumulative water uptake in 8 days of 'Sorbonne' (top) and 'Nashville' (bottom).

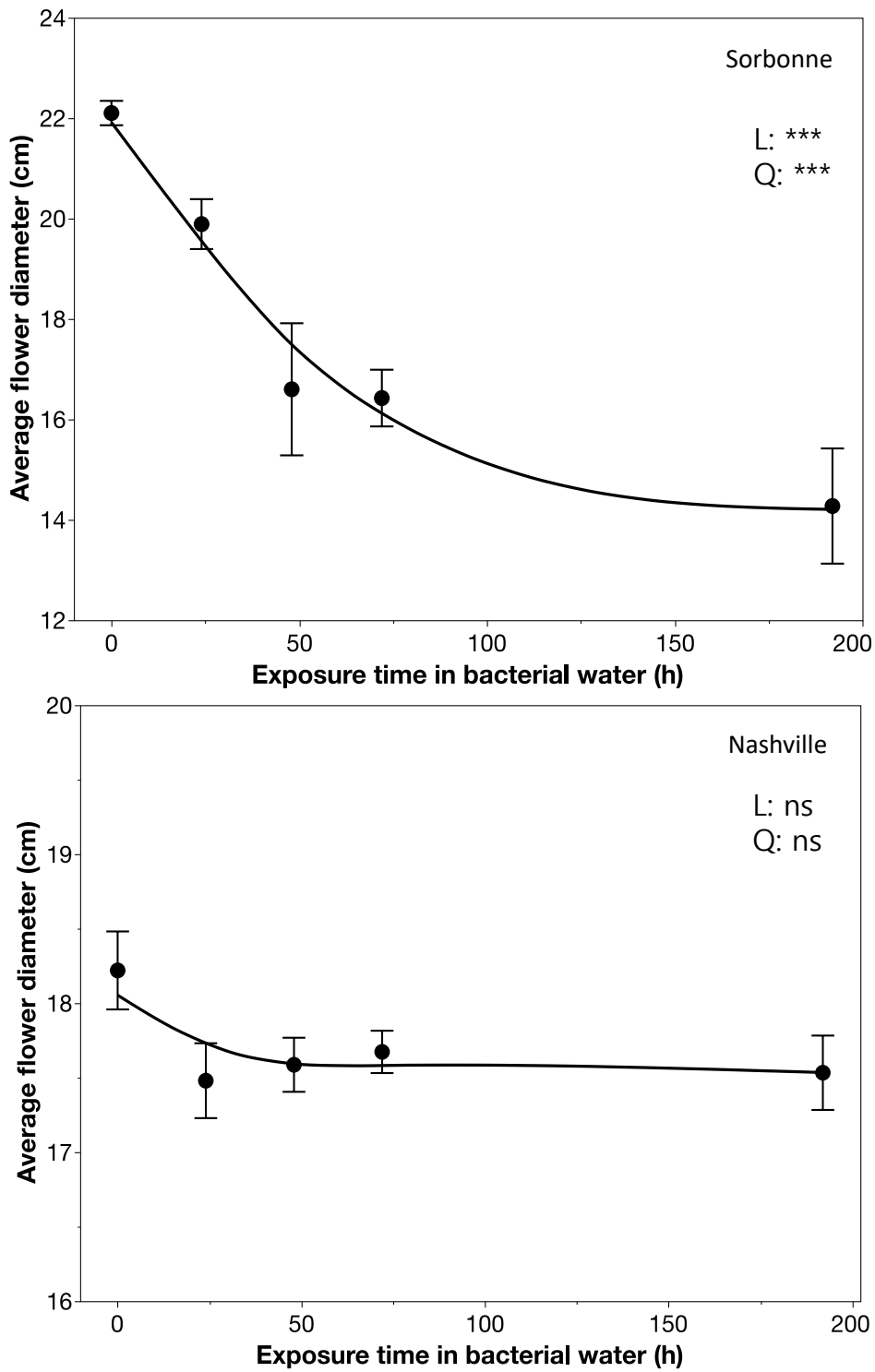


Figure 2.4 The correlation of flower diameter to exposure time in bacterial water of 'Sorbonne' (top) and 'Nashville' (bottom).



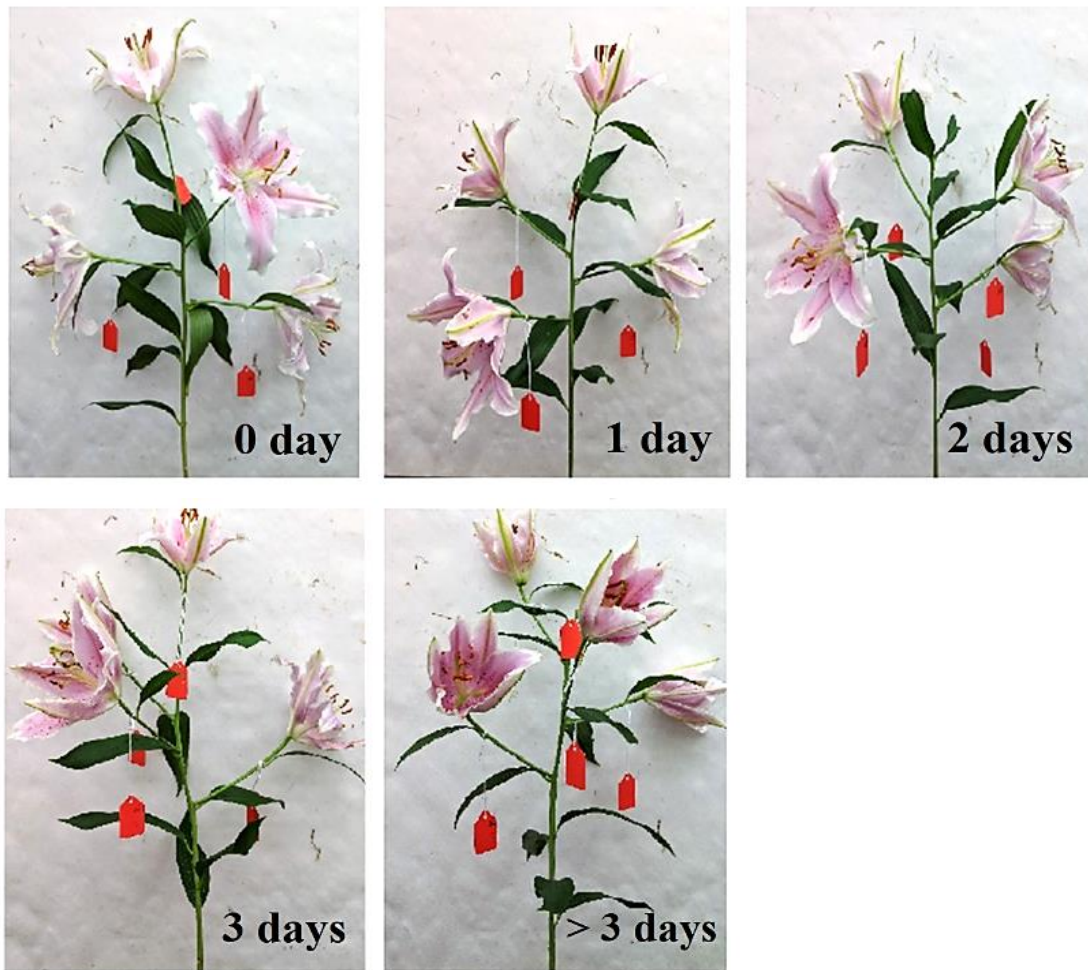


Figure 2.5 Flower appearance on day 7 of 'Sorbonne' exposed to BW for differing durations before transfer to tap water for vase evaluation.

Table 2.1 The postharvest quality of *Lilium* ‘Sorbonne’ and ‘Nashville’ harvested in different mature stage with bacterial water or tap water treatment.

Harvest stage	Vase solution	Average flower diameter of all buds per stem (cm)		Flower diameter ratio (4 <sup>th</sup> flower / 1 <sup>st</sup> flower)		Individual flower life (days)		Vase life (days)		SPAD value on day 14
		Sorbonne	Nashville	Sorbonne	Nashville	Sorbonne	Nashville	Sorbonne	Nashville	
Large bud	Tap water	21.6 <sup>z</sup> a <sup>y</sup>	19.2 a	0.95 a	0.99 a	7.9 a	5.9 a	10.8 a	11.2 a	47.7 a
	BW	16.8 b	16.6 b	1.08 a	0.95 a	6.2 b	5.4 b	8.7 b	11.0 a	36.3 b
Small bud	Tap water	21.3 a	16.0 bc	0.89 a	0.91 a	8.0 a	5.0 c	11.3 a	9.7 a	33.6 b
	BW	15.4 b	14.9 c	0.59 b	0.94 a	6.2 b	4.9 c	11.0 a	10.8 a	17.4 c

<sup>z</sup> Data are means of 6 replicates per treatment for ‘Sorbonne’ and ‘Nashville’.

<sup>y</sup> Data in columns with the same letter were not significantly different ( $p$ -value < 0.05)

### 三、花莖中的細菌分布情形

切花莖中存在的微生物是木質部閉塞導致吸水減少的主要因素。在前一章節中，我們提及花瓶裡的水中細菌增加與吸水量呈負相關，當水中含菌量達每毫升約  $10^7$  個菌落形成單位 (colony-forming-unit per mL, cfu·mL<sup>-1</sup>) 會降低切花百合品種 ‘Sorbonne’ 和 ‘Nashville’ 的採後品質。此外，百合切花置於  $10^7$  cfu·mL<sup>-1</sup> 含菌髒水 (BW) 中 24 小時或以上，累積吸水量顯著減少，且 ‘Sorbonne’ 比 ‘Nashville’ 更容易受到含菌髒水的影響。為了進一步研究這種現象，我們調查百合切花莖內的細菌分布。‘Sorbonne’ 和 ‘Nashville’ 瓶插於  $10^7$  cfu·mL<sup>-1</sup> BW 中 24 小時取出，將花莖由莖基部向上，每 3 cm 截切成一莖段，共 7 個莖段，再測量每莖段內的細菌數量。另外使用掃描電子顯微鏡檢查木質部導管內微生物分佈狀況作為補充證據。結果顯示，細菌主要分布在下方莖幹 15 cm (由莖基部切口向上 5 個莖段)。從 ‘Sorbonne’ 和 ‘Nashville’ 的第 1 個莖段(0 - 3 cm)檢測出超過  $10^7$  cfu。在第 2 - 5 莖段(距莖基部 3 cm- 12 cm)中，‘Sorbonne’ 莖中的細菌含量從每段  $10^6$  cfu 減少到  $10^5$  cfu。從 ‘Sorbonne’ 莖基部切口端向上超過 15 cm 處，細菌數量降為約每段  $10^1$  cfu。‘Nashville’ 亦有相似的細菌含量分布結果，但 ‘Nashville’ 莖中的細菌數量比 ‘Sorbonne’ 中的細菌多。我們使用光學顯微鏡比較導管組織。兩個品種的木質部導管直徑相似，但 ‘Nashville’ 的莖橫截面有更多的維管束，每維管束有更多的導管。此為可能原因之一說明 ‘Nashville’ 受細菌引起的木質部閉塞影響較小，莖段內部細菌數量更多，並且比 ‘Sorbonne’ 具有更大的累積吸水量。

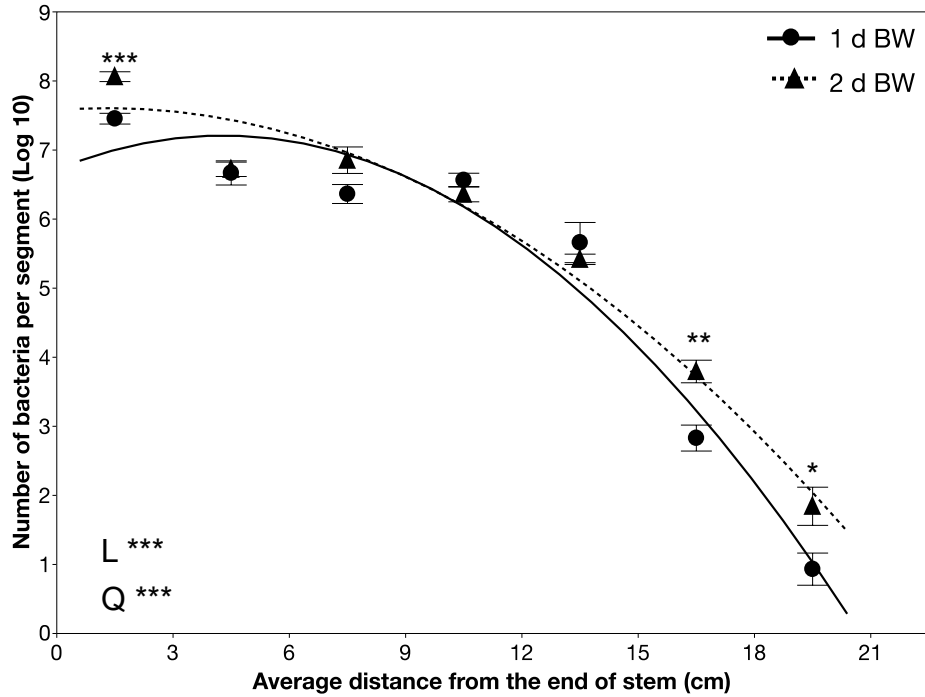


Figure 3.1 The numbers of bacteria distributed in the stem of *Lilium* ‘Nashville’ after 1 d and 2 d BW treatment. \*\*\*, \*\*, and \* indicate a significant difference on individual days with  $p$ -value  $<0.001$ ,  $0.01$ , and  $0.05$ .

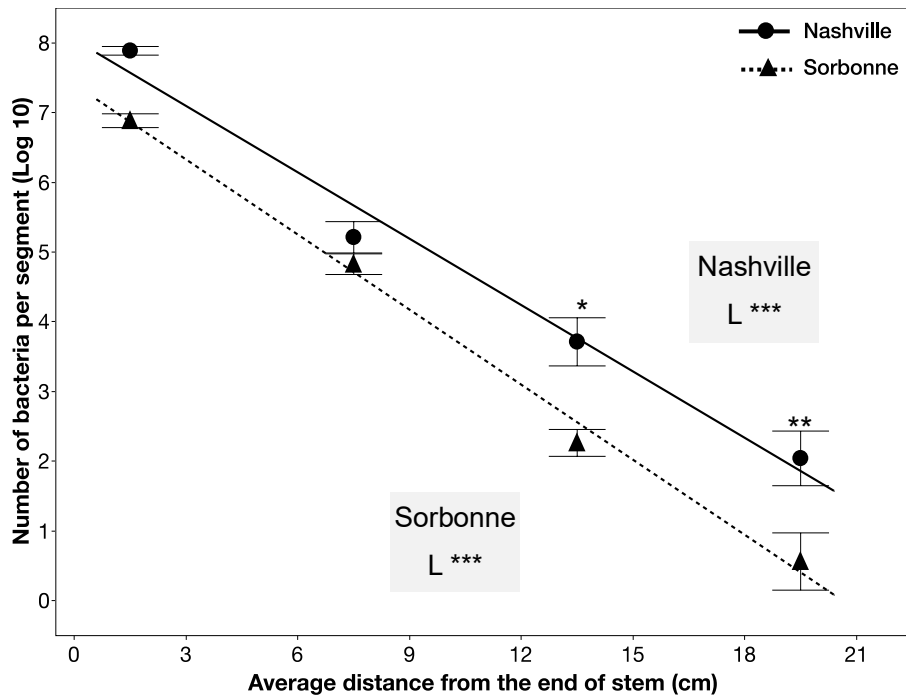


Figure 3.2 The number of bacteria distributed in stem segments of *Lilium* ‘Nashville’ and ‘Sorbonne’ after 1 or 2 d tap water treatment. \*\*\* and \* indicate a significant difference with  $p$ -value  $<0.001$  and  $0.05$ .

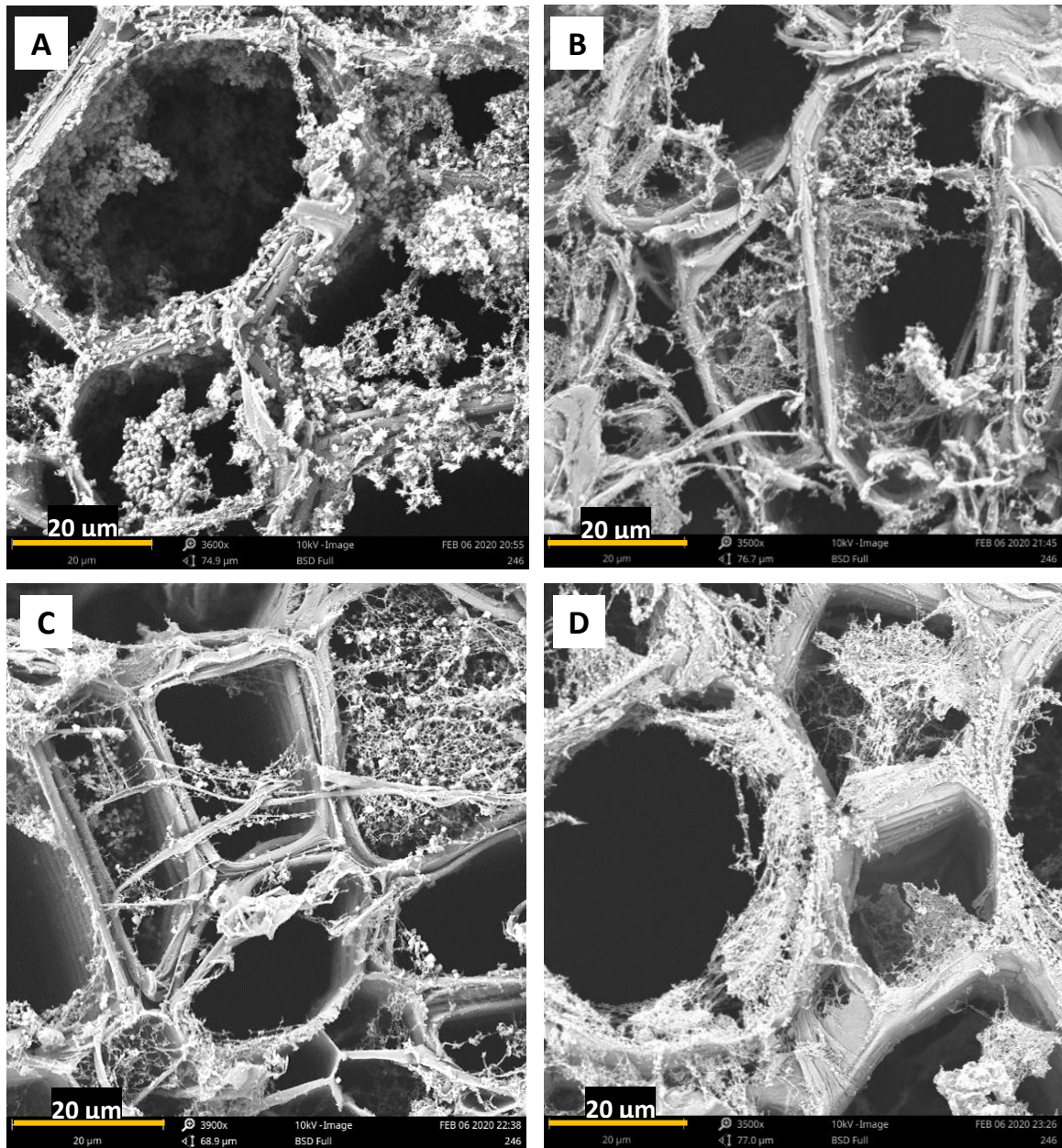


Figure 3.3 Unidentified microbes in the xylem vessels of *Lilium* 'Nashville' after 1 d BW treatment at different distance from the basal end. (A) 0 - 3 cm, (B) 6 - 9 cm, (C) 12 - 15 cm, and (D) 18- 21 cm.



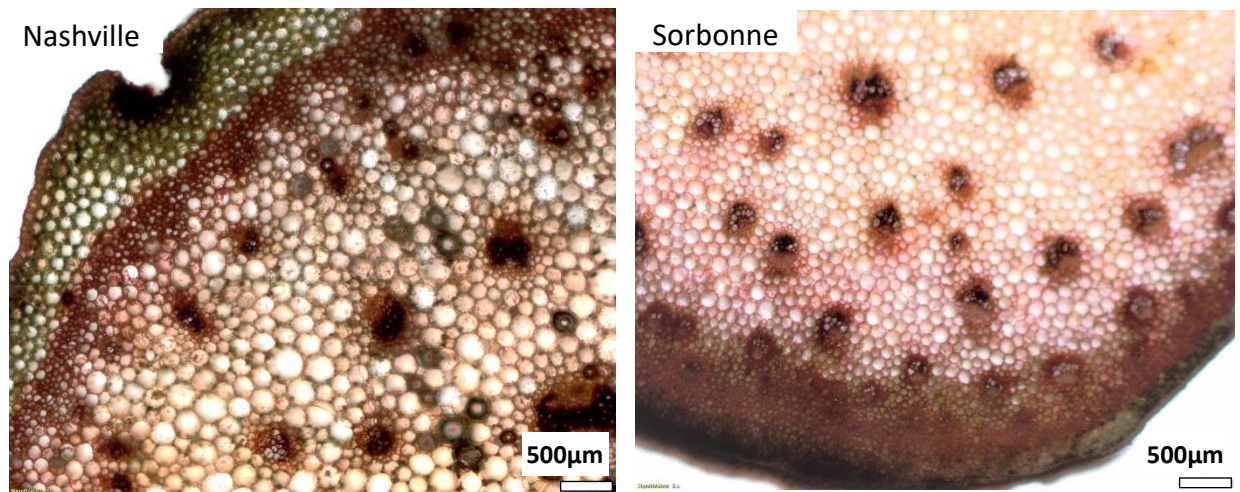


Figure 3.4 *Lilium* ‘Nashville’ and ‘Sorbonne’ light microscopy views of cross-section of stems.

Table 3.1 Metrics of xylem and vascular bundles in ‘Nashville’ and ‘Sorbonne’.

Variety	Xylem vessel diameter per vascular bundle (µm)	No. of xylem vessel per vascular bundle	No. of vascular bundle per stem cross section
Nashville	49.6±18.9 <sup>z</sup>	18±5 <sup>y</sup>	153±12 <sup>x</sup>
Sorbonne	53.6±19.1	14±5	119 ±20
<i>p</i> -value <sup>w</sup>	0.1475	0.0213 *	0.0081 **

<sup>z</sup> Means are 6 replicates of 'Nashville' and 'Sorbonne'

<sup>y</sup> Means are 13 replicates of 'Nashville' and 'Sorbonne'

<sup>x</sup> Means are 3 replicates of 'Nashville' and 'Sorbonne'

<sup>w</sup> Data are analyzed by two-tailed t-test with  $P < 0.05$

#### 四、瓶插花及花莖之微生物菌相群落變化

在許多切花中，微生物引起的木質部閉塞會對水分平衡和採後品質產生負面影響。雖然許多研究調查了瓶插花中的微生物數量對切花壽命的影響，但仍不清楚微生物菌相群落為何以及其地如何在瓶插期間發生變化，這些變化可能影響採收後觀賞品質與壽命。本研究鑑定並比較了來自 4 種不同花卉及其花瓶水中的微生物群落。從花瓶中的水和莖中提取微生物 DNA。莖幹外部微生物群落以無菌棉棒擦拭莖表面進行採樣；整個莖段內外的微生物群落採用微小的玻璃珠敲打 1 cm 莖段以進行採樣。玫瑰、非洲菊和亞洲型百合購自當地超市花店。百合‘Sorbonne’為東方型百合，由康乃爾大學溫室栽種採收。使用 polymerase chain reaction (PCR) 擴增 16S rRNA 基因片段，並對擴增片段(amplicon)以 Illumina 次世代定序測序。

16S rRNA 基因測序的主成分分析結果顯示不同花種之間的微生物群落組成差異顯著。瓶插 7 天後，東方型百合‘Sorbonne’、玫瑰和非洲菊莖樣本的主要微生物群落是假單胞菌科(*Pseudomonaceae*)，以及黃單胞菌科(*Xanthomonadaceae*)之於亞洲型百合。除假單胞菌科和黃單胞菌科外，主要細菌種類還包括了草酸桿菌科(*Oxalobacteraceae*)、腸桿菌科(*Enterobacteriaceae*)和鞘氨醇單胞菌科(*Sphingomonadaceae*)。假單胞菌科和黃單胞菌科細菌在瓶插初期時豐度相對較低，然後在瓶插中後期相對強勢，增加豐度。相較之下，最初瓶插水中發現的主要細菌，幾丁質噬菌科(*Chitinophagaceae*)，在瓶插期間反而弱勢了。我們亦觀察到群落演替，例如在百合‘Sorbonne’中，起初以腸桿菌科(*Enterobacteriaceae*)為主，但草酸桿菌屬(*Oxalobacteraceae*)、鞘單胞菌科(*Sphingomonadaceae*)和假單胞菌屬(*Pseudomonaceae*)在瓶插後期成為優勢菌相群落。這

項研究表明，花卉種類對瓶插期間在花瓶中發育的微生物群落有明顯的影響。無論花卉種類以及主要的細菌群落成分如何，微生物的組成和相對豐度在切花瓶插期間不斷變化。

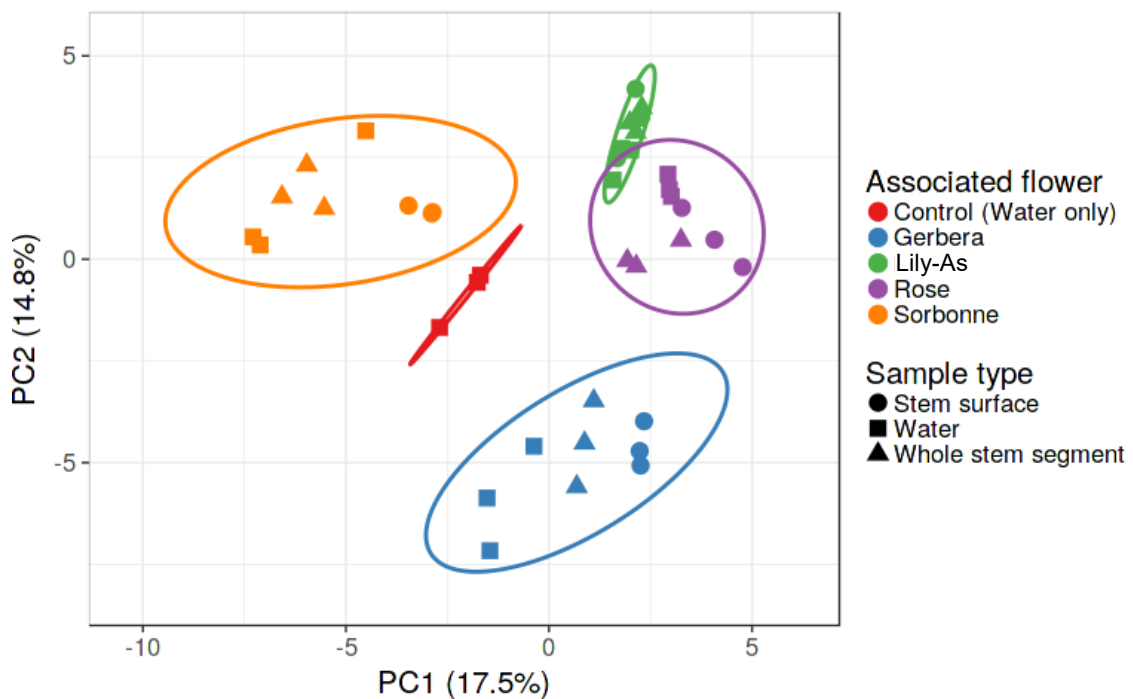


Figure 4.1. Principal Components Analysis (PCA) of bacterial communities in different flowers. Sample data are included as follows: stem surface and whole stem segments, days 0, 1, 3, and 7. Water samples with associated flowers included days 1, 3, 7. Water samples in the Control group included days 0, 1, 3 and 7. The PCA is based on the generalized UniFrac with 0.5 alpha control distance matrix. The OTUs table of top 20 relative abundant bacteria per flowers were analyzed and plotted with ClusVis webtool. Clustering is based on flowers groups presented as different color, and sample type are identified by different shapes. The ellipses represent 95 % confidence intervals. PC1 and PC2 explain the percentage of the total variance, respectively.



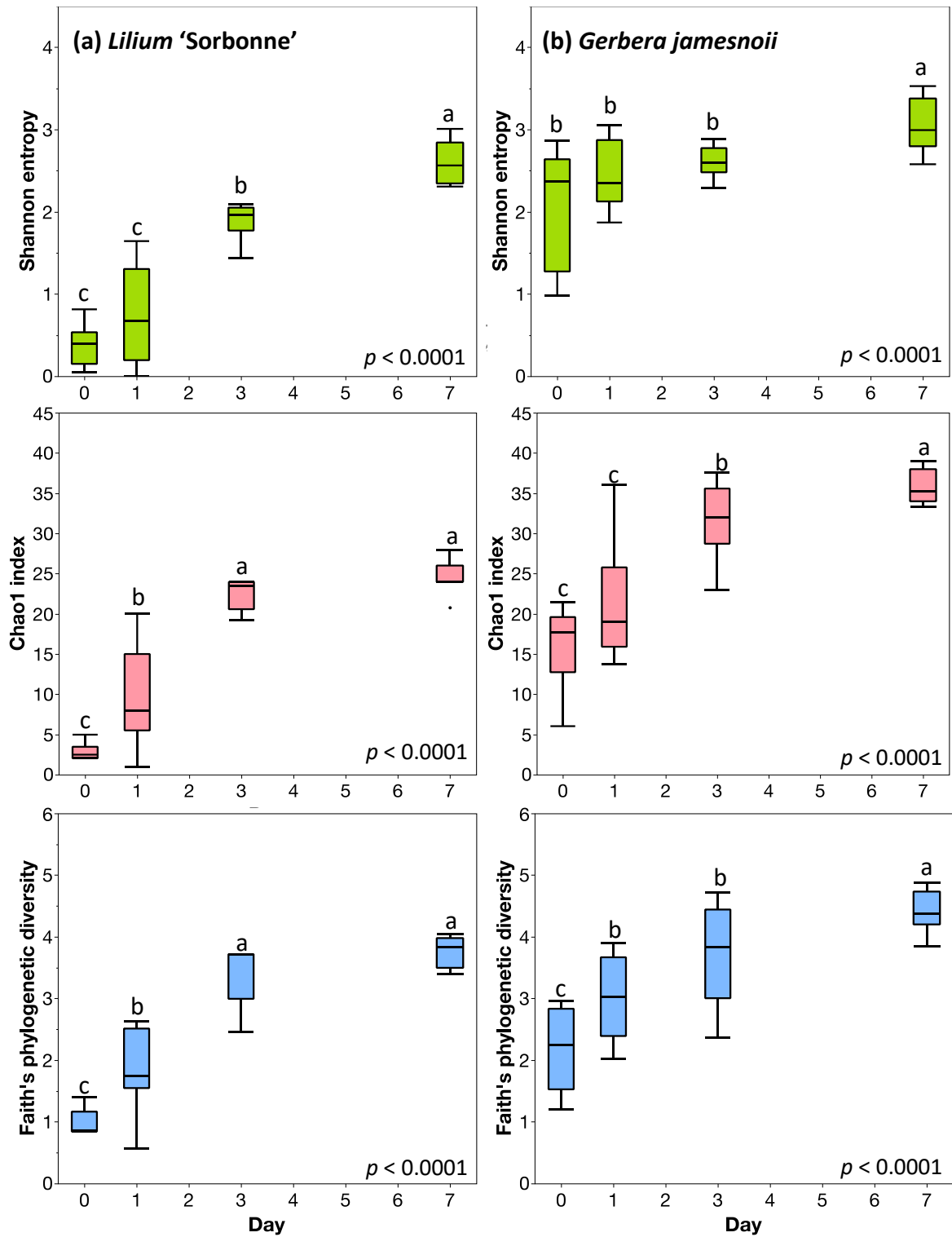


Figure 4.2 Shannon entropy, Chao 1, and Faith's phylogenetic diversity of microbial communities of *Lilium 'Sorbonne'* (a) and *Gerbera jamesnoii* (b) over time. The statistical differences were tested by using Wilcoxon/Kruskal-Wallis Test. Different letters represent significance with  $p < 0.05$ .

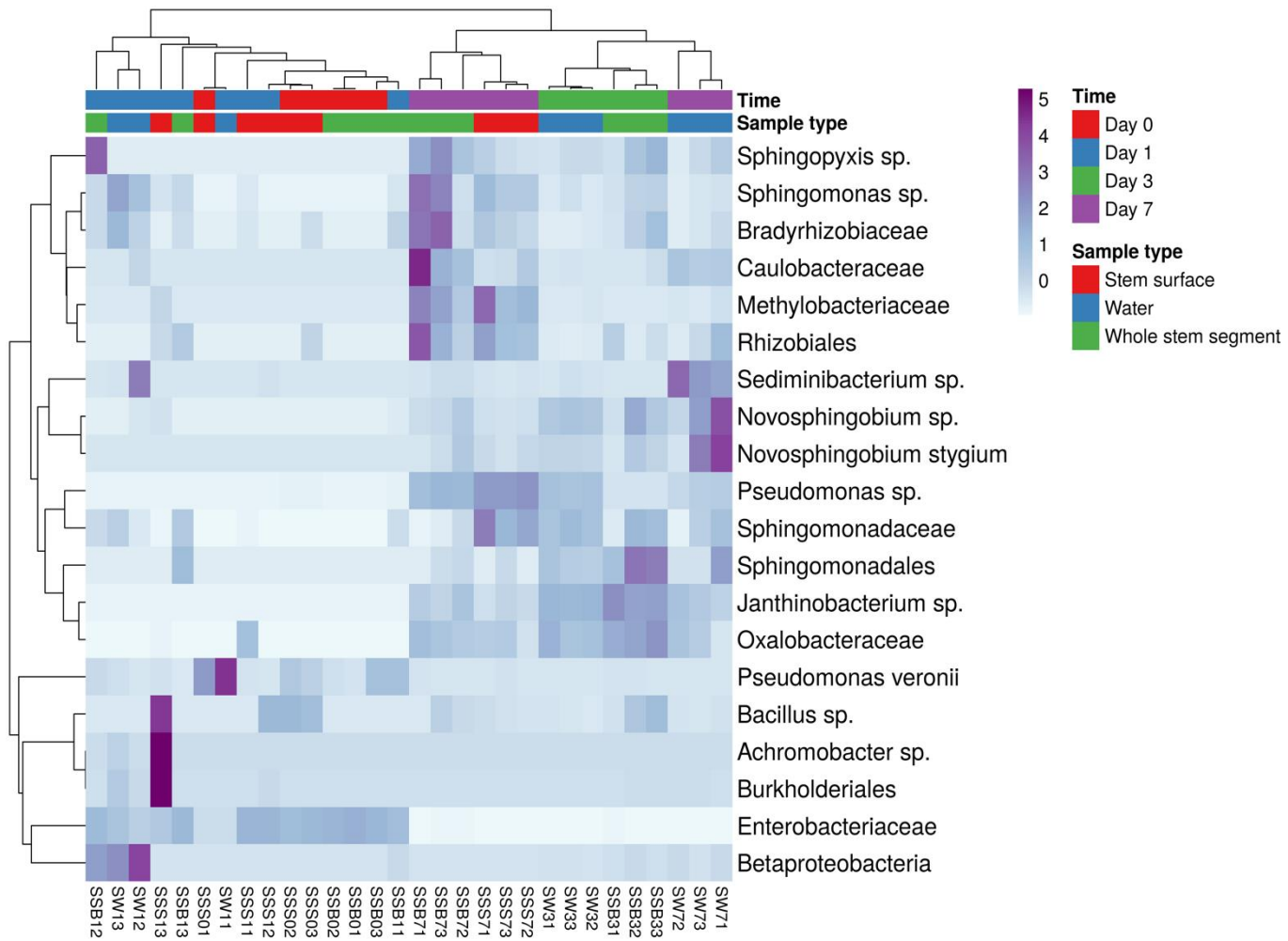


Figure 4.3. Heatmap of the 20 most abundant bacteria in *Lilium* ‘Sorbonne’. Samples are clustered based on the relative abundance of the taxon by correlation distance and average linkage. Sample ID: 1<sup>st</sup> letter: S, Sorbonne; 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> letter: water sample (W), stem surface (SS), whole stem segment (SB); 1<sup>st</sup> number: day (time); 2<sup>nd</sup> number: replicate.

Table 4.1. Relative abundance (%) of chloroplast in whole stem segment over time with different flowers.

Days	Relative abundance of chloroplast (%)			
	<i>Rosa</i>	<i>Gerbera</i>	<i>Lilium-As</i>	<i>Lilium</i> ‘Sorbonne’
0	69.4 <sup>z</sup> a <sup>y</sup>	72.1 a	25.4 a	82.0 a
1	65.3 a	67.7 a	10.4 b	74.7 b
3	41.0 b	37.7b	5.5 b	3.8 c
7	19.0 c	17.2 c	0.8 b	2.5 c
<i>p</i> -value	0.0003	<0.0001	0.0093	<0.0001

<sup>z</sup> Data are means of 3 replicates of whole stem segment samples.

<sup>y</sup> Data in columns with the same letter were not significantly difference (*p*-value < 0.05) tested with one-way analysis of variance (ANOVA) followed with least significant difference test.

Table 4.2. Adonis PERMANOVA (permutational multivariate analysis of variance) test comparing bacterial communities’ dissimilarity in sample types and days of *Gerbera* and *Lilium* ‘Sorbonne’.

Factors	<i>Lilium</i> ‘Sorbonne’		<i>Gerbera jamesonii</i>	
	R <sup>2</sup>	<i>p</i> -value	R <sup>2</sup>	<i>p</i> -value
Sample type	0.160	0.002	0.120	0.003
Day	0.427	0.001	0.330	0.001
Sample type * Day	0.067	0.061	0.092	0.007
Residuals	0.346	-	0.458	-
Total	1.000	-	1.000	-

Table 4.3. The comparison of principal components in different flower microbial communities.

	PC1	PC2
<i>Gerbera jamesonii</i>	0.682 b	4.999 a
Rose sp.	3.149 a	-0.798 c
<i>Lilium</i> -As.	1.985 a	-1.416 c
<i>Lilium</i> ‘Sorbonne’	-5.133 d	-3.079 d
Control group (water only)	-2.049 c	0.879 b
<i>p</i> -value	<0.0001	<0.0001

<sup>z</sup> Data are principal component value for all samples per flower.

<sup>y</sup> Data in columns with the same letter were not significantly difference (*p*-value < 0.05) tested with one-way analysis of variance (ANOVA) followed with least significant difference test.

## 參、心得及建議

### 一、研究成果應用於臺灣切花產業

目前切花採收後處理相關研究多著重在不同化學藥劑處理的保鮮技術、儲運環境條件如溫溼度與時間的測試、採前環境因子的影響、採後基礎生理變化等。當視角從單一環節拉遠去檢視整體採收後處理流程時，是離水與再吸水的循環，水質潔淨度與水桶清潔有關係，而微生物引起的水分逆境是影響切花採收後品質及觀賞期的關鍵。了解離水時間的影響及探討微生物對切花採後品質的角色至關重要。其研究成果可應用在切花採後處理產銷流程的整體優化，檢視重要切花離水復水循環時程及水質潔淨的調查，從而提出產業改善策略與參考建議。以下簡述本計畫研究成果應用重點：

#### (一) 水分平衡

水分平衡影響切花採收後品質及觀賞天數。當切花吸水量等於/大於蒸發散量，切花水分生理達到良好平衡，維持鮮重，優化花朵開放度或增加花朵壽命。當切花採收後置於水中，其 24 小時內的吸水量為最大量，其後逐日遞減，鮮重於瓶插第 3-4 天開始下降。木質部導管水分傳遞速率影響吸水量，當木質部導管水分傳遞因氣泡或是微生物孳生阻塞降低傳輸效率，造成切花吸水性受阻而失水，降低觀賞品質及壽命。

#### (二) 水質潔淨度(雜菌含量)影響

採收後切花處理包裝均會經過反覆的離水以及置水循環，可能造成採後水分逆境。離水時間長短以及置水處理時的水質潔淨度，即雜菌含量，影響後續切花瓶插

期的吸水量以及觀賞品質。水中含菌量高於  $10^7$  cfu·mL<sup>-1</sup>，接觸含菌髒水時間超過 8 小時即會降低切花吸水性。因此減少採收後離水時間且定期清洗消毒水桶，保持水桶潔淨，將可提升切花採收後觀賞天數及品質。研究中習得的水質含菌量檢測技術可用於檢視採後處理流程環節中的切花放置的水桶品質，藉以作為改善策略之參考。瓶插花及莖幹微生物菌相變化研究將切花採收後生理的研究視野由宏觀切入微觀世界，相關探討分析突破前人研究方法與成果，且結合跨領域專業，望可作為未來跨領域研究之基石。

### (三) 生理指標

切花採收後生理指標由外觀及非破壞性調查為最簡潔明瞭且應用性高。吸水量變化及鮮重變化可判斷切花是否有良好水分平衡，持續吸收水份。消苞現象、花苞轉色與開放率乃切花採收後仍否維持生長發育之指標。花徑大小、花朵壽命以及葉片黃化可評估切花採收後逆境影響。水分逆境造成花徑縮小，花朵壽命縮短以及提早葉片黃化。另外，亦可用掃描式電子顯微鏡看植物組織切片去判斷微生物於花莖內滋生情形，判斷是否有木質部導管阻塞問題。比較維管束組織差異亦可作為吸水效率之參考指標之一。

## 二、美國康乃爾大學的學思歷程

### (一) Philosophy: Logic and critical thinking

博士，英文為 Doctor of Philosophy，Philosophy 是哲學之意，哲學強調邏輯與分析思考訓練，推理論證的探究能力。修讀博士乃是邏輯思想的養成，學會獨立思考的訓練。美國康乃爾大學博士學位證書無提及學院與學系，因為最重要習得的是

邏輯思辨與解決問題能力，不只是本科專業。常見的邏輯問題，以相關性與因果關係為例，當兩者有相關性時不等於有因果關係 (Correlation is not causation)。教授與研究生的交流是平等且互惠的。嚴謹的邏輯思考訓練對於清晰辨明重點、資料篩選分析以及基礎研究發展有深遠影響。依核心問題及思想主軸訂出處理事情的優先順序與輕重緩急，且簡化流程減少不必要雜務，善用各項軟體及網路工具，提高專注力與效率。筆者的指導教授強調修讀博士是哲學是思辯，思辨需要時間，靜下來專注思考，且要適時放鬆與生活平衡，創造更多靈感和長遠思考能力，方有好的研究品質。

#### (一) Think about Your Why and Big Picture

筆者的指導教授多次提醒，在進行研究或計劃規劃時得思考：為什麼？為什麼做這件事？為了解決什麼問題？聚焦問題、探究核心並依根本的藍圖做確實的細部規劃。教授主要是引導學生去思考，學會思考“為什麼”以及“如果是...”，而非直接告訴學生答案。Big picture 非指目標宏大，而是架構嚴謹的格局藍圖，不捨本逐末過度鑽研枝微末節忽視初始規劃的藍圖，偏離欲回答的問題及目的。當計畫太過發散時，回頭思考根本的問題和檢視研究計畫架構。好的研究重點在於能簡化且聚焦問題，邏輯嚴謹，脈絡條理清晰，能確實回答“為什麼”。筆者觀察到，在臺灣進行研究計畫推動構思時，常有的想法是想要一次盡可能納足所有條件或是規劃許多項目讓計畫內容看起來很充實，但這可能造成問題失焦，研究的系統性與完整性不足，讓研究傾向片面化。

## (二) DEI & B (Diversity, Equity, Inclusion, and Belonging)

DEI & B 是多元化 (Diversity)、平等 (Equity)、包容性 (Inclusion) 與歸屬感 (Belonging)，康乃爾大學持續推動 DEI & B，並列入未來施政方針，也是美國多數企業與學校近年來大力推動的職場環境與組織文化，重視每個人的想法意見，讓交流厚實，彼此帶動成長。多元化/多樣性的概念是人與人之間的差異。包容與平等是對多元化多樣性的認知與尊重，持開放態度，讓每人有自由權且感到自在表達意見，讓每個人都有同等且同步的資訊與機會，有尊重與信任。康乃爾大學科研環境資訊透明，學風開放，教授們樹立讓人敬重的學者典範，博學謙遜，開放心態且親切包容，帶動良好的研究討論環境，互動與溝通多是正面肯定與鼓勵，積極樂觀的工作環境和心態。從多元開放包容、尊重信任到建立歸屬感是一個社群組織長遠發展的核心驅動力，非一蹴可及之易事，康乃爾大學也一直持續推動，讓社群環境更好，故分享以作參考。

## 三、美國農業研究推廣站之參訪見聞分享

筆者參加 2021 年美國國際園藝年會時參訪科羅拉多州農業研究推廣站，初步了解美國農業研究推廣站的運作與角色，並與研究站主任進行簡短訪談。美國農業部於全美設有 150 個農業研究站，類似臺灣的農業試驗改良場所，每個研究站還有數個推廣研究基地，類似各試驗改良場所的分所/分場。科羅拉多州人口約 576 萬人，農場約 3 萬 4000 個，農地面積約 317 萬公頃，此試驗研究站主要是進行水資源與灌溉作物科學的研究，包括田間作物的不同生長期用水量監測、大田噴灌系統對應氣候條件之參數設定、無人機遙感監測田間作物生長情形或是基礎植物生理於水分逆境的變化，均有



專責研究人員執行。科羅拉多州農業研究站每年固定預算 400 萬美元，約 1 億兩千萬台幣。此年度預算包括研究人員的薪水津貼給付以及試驗研究、儀器設備費用，在預算範圍內，可自主採購增列軟硬體設費或人力資源。然年度預算 400 萬美元連續 10 年未調整，研究人員的薪水逐年增加相對縮減試驗研究額度，研究站主任提及他的看法，認為應逐年調高經費以確保研究人力物力充裕，因為基礎科學研究是國家長遠發展的根基。主任說明美國農業試驗研究站的調查研究、推廣及田間試驗相關事務的聯繫與維持投入許多人力時間與精力，撰寫計畫書爭取額外經費來源亦困難。故美國農研模式之一是由大學教授或其研究中心提研究計畫向美國農業部或其他部會爭取研究經費後，與農業試驗研究站合作，由試驗站協助提供試驗場地與其他資源共同合作，大學的研究人員可至試驗研究站進行田間試驗，相關經費亦由學校計畫支出，研究成果共享。美國各州農業試驗研究站與周邊研究型大學合作關係密切。經由初步了解美國農業試驗研究系統的運作模式，思考臺灣農業研究的體制與現行實施規則，該如何整合資源或調整運作方式，發揮研究量能，應是未來可參考琢磨之處。