

MC-Transaction on Biotechnology, 2020, Vol. 11, No. 1, e1

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

海洋深層水對小白菜及蕃茄細胞活性和抗氧化能力的分析

謝惟竣、陳奕伸、吳慧中、潘淑芬、林冠宏、江志明*

銘傳大學 健康科技學院 生物科技學系(中華民國 台灣 桃園)

中文摘要

本研究使用泓發樂活氏水科技服務股份有限公司提供之三種海洋深層水(Deep Ocean Water, DOW)：RO3 (含鈣的深層水)、300K (高鎂深層水)及 340K (高鎂鹽深層水)。利用水耕栽種法比較添加(實驗組)與未添加(對照組)海洋深層水，找出與對照組比較下，不影響小白菜及蕃茄生長的最佳稀釋倍率，分別是 RO3 稀釋 2,000 倍、300K 稀釋 540 倍及 340K 稀釋 6,180 倍。進一步以此稀釋倍率，分析海洋深層水對兩種作物，在生長與保鮮的影響。利用組織活力測試，發現市售的小白菜與蕃茄噴灑及自小白菜與蕃茄的種子發芽到成熟都添加海洋深層水，與未添加的對照組比較起來，都可以增加植物的細胞活性。在市售水果噴灑海洋深層水部份，發現小白菜噴灑 300K 與對照組比高 1.3 倍，340K 與對照組比高 1.16 倍；蕃茄噴灑 300K 與對照組比高 1.19 倍活性，340K 高 1.3 倍活性。而自小白菜種子發芽起就添加 300K 與對照組比高 1.2 倍活性、340K 與對照組比高 1.1 倍活性。自蕃茄種子栽種起，就添加 300K 與對照組比高 1.15 倍，添加 340K 與對照組比高 1.2 倍活性，表示深層水處理的小白菜及蕃茄具有較高的組織活力。另外，在 DPPH 自由基清除的部分，則看到不管噴灑或自種子發芽起就添加海洋深層水，都有上升的趨勢。市售小白菜噴灑 RO3 與對照組比上升 2.5%，340K (稀釋 6,180 倍)與對照組比上升 3%，蕃茄噴灑 RO3 與對照組比上升 3%，300K 與對照組比上升 4.1%、340K 與對照組比上升 2.8%。而自種子發芽起就添加海洋深層水的小白菜，300K 有上升的趨勢。蕃茄添加 RO3 與對照組比上升 1.3%，300K 與對照組比上 0.8%、340K 與對照組比上升 1.5%。因此推論，添加 300K 和 340K 均可以增加兩種作物的保鮮效果。

關鍵字：海洋深層水、水耕、保鮮

通訊作者：江志明[cmchiang@mail.mcu.edu.tw]

收稿：2019-10-17 修改：2019-11-22 接受：2019-12-30 線上發表：2020-1-2

前 言

植物的果實成熟(maturation)到適合食用的階段時，稱為後熟(ripening)。影響完熟過程的因子有許多(例如溫度、光照、植物激素 GA 等)。目前已知知道乙烯是主要因素之一[1]。因為乙烯可促使果實後熟又稱「果實後熟激素」，加上水果只要開始產生乙烯，其就能擴散到鄰近的果實間，使鄰近果實也產生乙烯。因此，目前世界上，認為蔬果的保鮮之關鍵，在減慢或抑制其生成[2]。

乙烯在高等植物的所有部位都會產生，包括根、莖、葉、花、果實和種子。乙烯生產會受到各種植物生長和環境的調控。在植物的生長過程中，乙烯產量會在某些時期增加，如催芽，成熟的水果中，脫落的葉子，和衰老的花。乙烯生產也可以透過外部方面誘導，例如逆境和化學物質(乙烯利，ethephon)[3]。

海洋深層水(deep ocean water, DOW)是在海面下的兩百公尺至兩千公尺之間，陽光無法到達的深海海水，DOW 具有終年低溫、水質乾淨無污染而且還含有豐富礦物質、營養鹽、微量元素與高鹽等特性[4]，而在 Pascale 和 Sgherri 等人的論文，看到添加 DOW 可以增加蕃茄的抗氧化物質和抗氧化活性[5, 6]。

植物體清除活性氧族($\cdot\text{O}_2^-$ 、 H_2O_2 、 $\cdot\text{OH}$)的保護系統稱為抗氧化系統，包括抗氧化酵素及非酵素型抗氧化物質。其中抗氧化酵素包含了超氧歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、過氧化氫酶(catalase, CAT)、抗壞血酸過氧化酶(ascorbate peroxidase, APX)、穀胱甘肽還原酶(glutathione reductase, GR)；而抗氧化物質主要指多酚類，如抗壞血酸(ascorbate, AS)和類胡蘿蔔素(carotenoids)等。抗氧化酵素運作方式為，SOD 將超氧化物($\cdot\text{O}_2^-$)作用成活性較小的過氧化氫(H_2O_2)；CAT 主要是將 SOD 產生的 H_2O_2 作用成無害的氧及水；GPx 則通過從兩個 GSH 分子中，吸收氫來中和過氧化氫，從而產生兩個 H_2O 和一個 GSSG；GR 然後從 GSSG 再生 GSH；APX 可將 H_2O_2 還原成水。在抗氧化物質則是 AS 可作為 APX 的反應基質，清除葉綠體內的 H_2O_2 ；類胡蘿蔔素會消除葉綠素的激化狀態及照光後產生之 $\cdot\text{O}_2^-$ [5, 6]。

目前已知植物老化會伴隨著一連串生理變化，如可溶性蛋白質分解、葉綠素含量減少、光合作用效率降低、細胞膜系滲漏增加、胞器構造瓦解，最後導致細胞死亡[7]。所以，認為引起植物老化的直接作用，是與自由基(free radicals)所誘發的氧化逆境(oxidative stress)有關[7]。因此利用添加 DOW，來試驗兩種小白菜和蕃茄可否減少自由基的累積，讓本身細胞的凋亡減緩而達到增強細胞活性的目標。

本研究利用 DOW 噴灑市售蔬果或自種子發芽到成熟均添加 DOW，來分析對增強小白菜及蕃茄抗氧化物和細胞活性的影響。

材料與方法

本實驗分兩個部分，前半部為使用深層水噴灑市售小白菜及蕃茄，分析記錄清除

DPPH 自由基、脂質過氧化和細胞活性，後半部實驗用深層水來種植小白菜及蕃茄，從種子開始種植，檢測清除 DPPH 自由基能力、脂質過氧化和細胞活性。

材料：

小白菜(*Brassica rapa subsp. chinensis*)

聖女蕃茄(*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*)

培養條件：

種子放置在溫度 22 °C、光照強度為 200 $\mu\text{mole s}^{-1} \text{m}^{-1}$ ，16 小時光照及 8 小時黑暗之培養箱培養^[8]。

市售蔬果為噴灑深層水後用保鮮膜包覆再放置到 5~8 度冰箱冷藏。

三種深層水(泓發樂活氏水科技服務股份有限公司提供)：利用海平面下 600 公尺深的海水，抽取後，加以濃縮製成。其所含離子如下表：

Constituent/ion	300K	340K	RO3
	B/A	B/A	B/A
Mg ²⁺	77268/143.8	23500/3.8	2250/1.125
Na ⁺	3100/5.74	29500/4.7	17300/8.65
K ⁺	1700/3.148	25500/4.12	660/0.33
Ca ²⁺	33.5/0.06	10.6/0.0017	760/0.38
鹹度倍率	0.27	3.09	1
PH 質	4.4/5.7	8.2/5.7	7.8/5.7
EC 質	111.8/1.458	186.5/0.01746	84.7/0.1184

*B/A 為稀釋前與後的差別；EC 質單位 ms/cm；離子濃度單位 mg/L

實驗方法：

1. TTC 測定組織(蔬果)活力法：

把樣本放入裝有 TTC 液體的容器中，浸泡 24 小時。之後取出來，用 ddH₂O 清洗，再把樣本搗爛，加入 95%酒精萃取出其中的紅色脂質，再以 ELISA reader 用 OD₄₈₅ 的波長檢測^[9]。

2. 清除 1,1-diphenyl- 2-picrylhydrazyl (DPPH) 自由基能力(capacity of scavenging DPPH radical)：

取 0.1 g 樣本於研鉢，加入 98%乙醇 0.5 mL，持續研磨，為乙醇萃取物，將 100 μL

萃取物加入 900 μL 0.16 mM DPPH，並用鋁箔紙包覆避光，搖晃 30 分鐘，取 200 μL 到 96 孔盤，用 ELISA reader 測吸光度測 ΔOD_{517} 下的值。每個樣本重複 3 次試驗^[10]。

公式：清除率 = $[1 - (\text{樣本吸光值}) / (\text{Black 吸光值})] * 100$

3. MDA 含量分析(脂質過氧化分析)：

先秤取蔬果重量，加入液態氮以研鉢研磨，然後加入 1 mL 5% TCA (trichloroacetic acid)混和均勻，吸取至新的 1.5 mL tube 內，6,000 rpm、5 分鐘離心後取上清至新的 1.5 mL tube 內保存。取 200 μL 萃取液與 800 μL triobarbituric acid buffer (20% TCA, 0.5% TBA)混和均勻後 95 $^{\circ}\text{C}$ 水浴槽 30 分鐘，再放置於冰上 5 分鐘使反應中止，然後以 OD_{532} 及 OD_{600} 偵測吸光值，並利用下列公式計算 MDA 的含量(10)。

MDA 含量 = $(\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600}) \div 155$ (消光係數, $\text{mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$) $\times 1$ (反應體積, 1 mL) $\div 1$ (m, 光徑) $\times 5$ (稀釋倍數) $\times 1000$ (nmol/ μmol) \div 樣本鮮重(g)

4. 統計分法：

本次實驗中的 TTC 測定組織(蔬果)活力法、清除 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 自由基能力、和 MDA 含量分析，每個不同的樣品處理各做了 3 重複*3 次共 9 次。接著利用 t-test 來進行標準差的分析與統計顯著水準的差異，p value ≤ 0.05 。

結 果

小白菜及蕃茄分析：

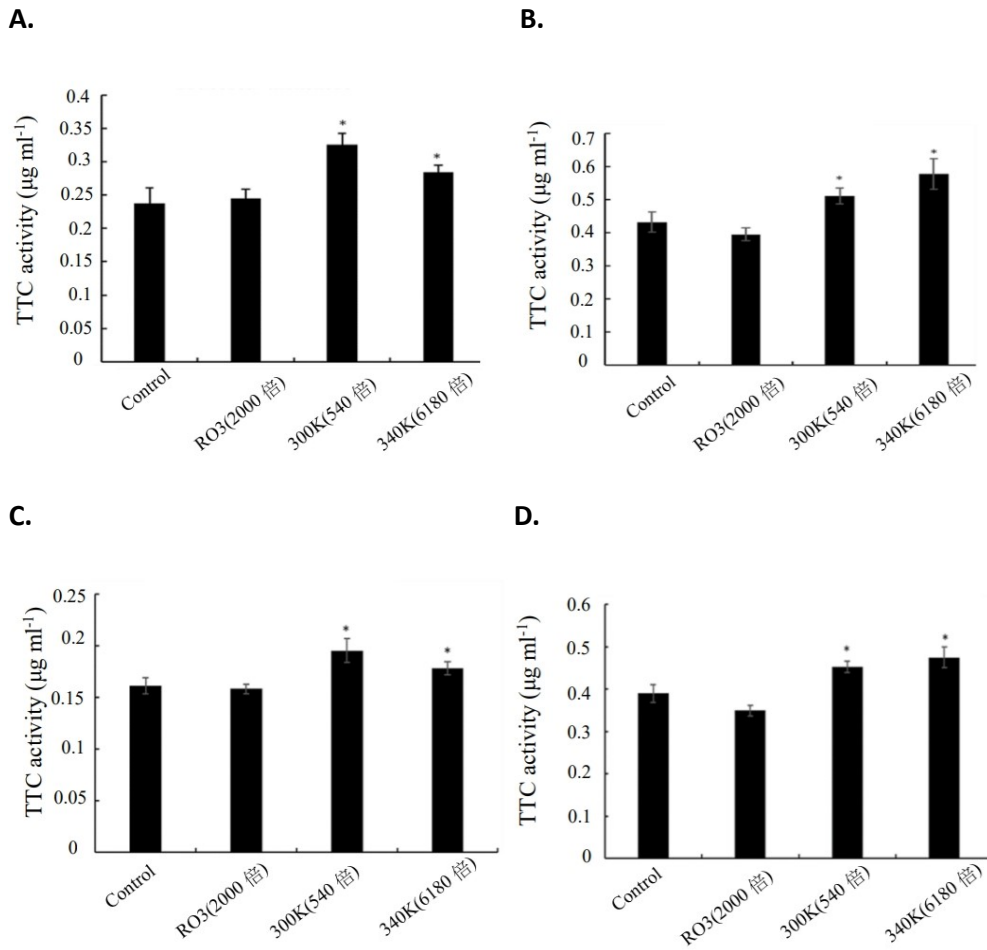
1. TTC 活力分析：

TTC 活力分析為 2,3,5-三苯基氯化鈦，原理為在細胞中還原酵素的活性，還原酵素其可將無色的 TTC 分子變為不溶於水的紅色的 formazan 酯類，因此從圖一看到，不管是用噴灑或者添加深層水 300K 或 340K，都可以增加植物細胞的活性。在市售水果噴灑海洋深層水部份發現小白菜噴灑海洋深層水 300K 與對照組比高 1.3 倍，340K 與對照組比高 1.16 倍；蕃茄噴灑海洋深層水 300K 與對照組比高 1.19 倍活性、340K 高 1.3 倍活性(圖一 A、B)。而自小白菜種子發芽起就添加海洋深層水 300K 與對照組比高 1.2 倍活性，340K 與對照組比高 1.1 倍活性。自蕃茄種子栽種起，就添加 300K 與對照組比高 1.15 倍，340K 與對照組比高 1.2 倍活性(圖一 C、D)。表示深層水處理的小白菜、蕃茄有較高的組織活力。

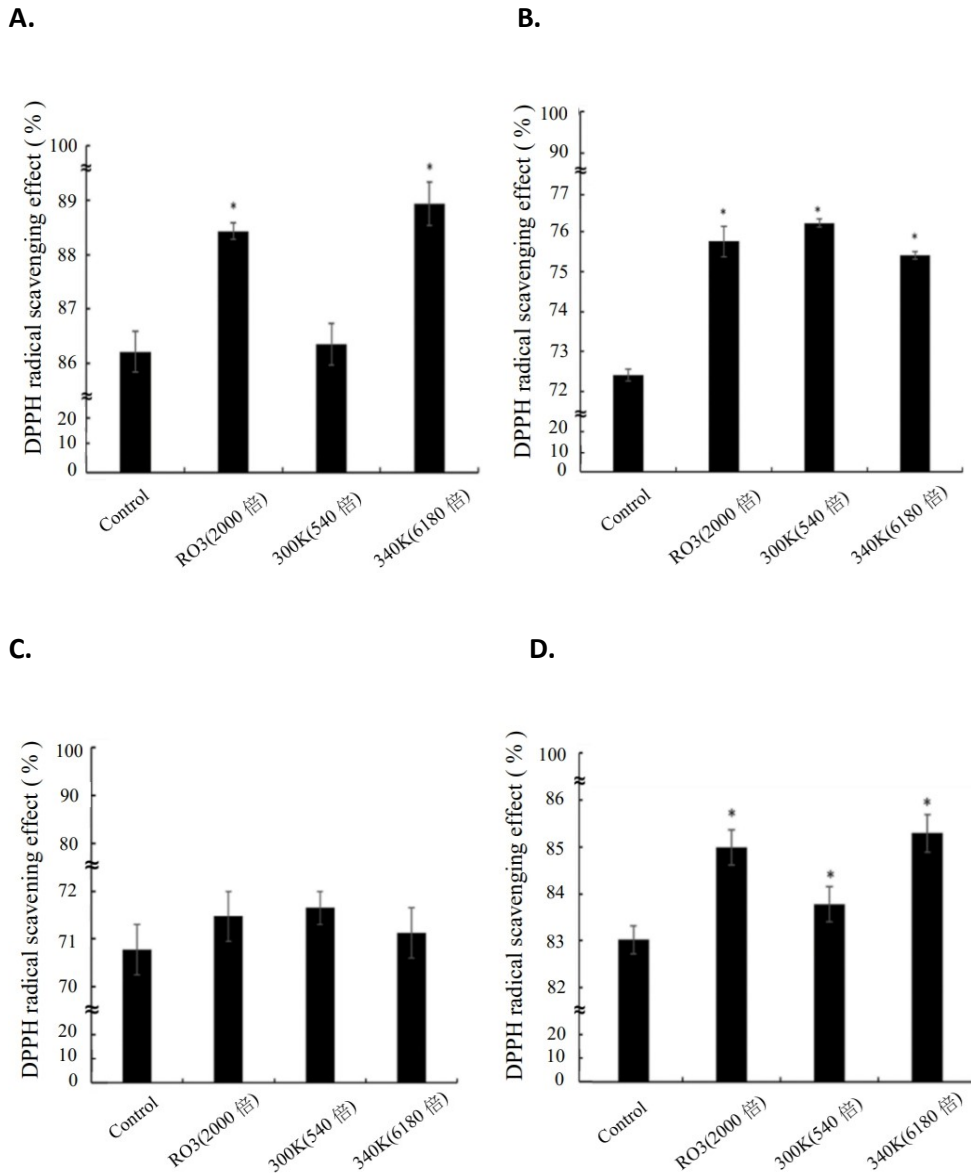
2. DPPH 自由基能力：

DPPH 是一種穩定的自由基，清除 DPPH 的數值越高代表清除 DPPH 自由基的能力越高，從圖二 DPPH 自由基清除的部分，則看到不管噴灑或自種子發芽起就添加海洋深層水都有上升的趨勢，跟對照組比市售小白菜噴灑深層水 RO3 與對照組比上升 2.5%、340K 與對照組比上升 3%，蕃茄噴灑海洋深層水 RO3 與對照組比

上升 3%，300K 與對照組比上升 4.1%、340K 與對照組比上升 2.8% (圖二 A、B)；而自種子發芽起就添加海洋深層水的小白菜部份深層水 300K 有上升的趨勢但未達到統計顯著水準；蕃茄添加 RO3 與對照組比上升 1.3%，300K 與對照組比上升 0.8%、340K 與對照組比上升 1.5% (圖二 C、D)。表示噴灑深層水可以增加非酵素性物質，如總多酚等，清除 DPPH 自由基的能力。



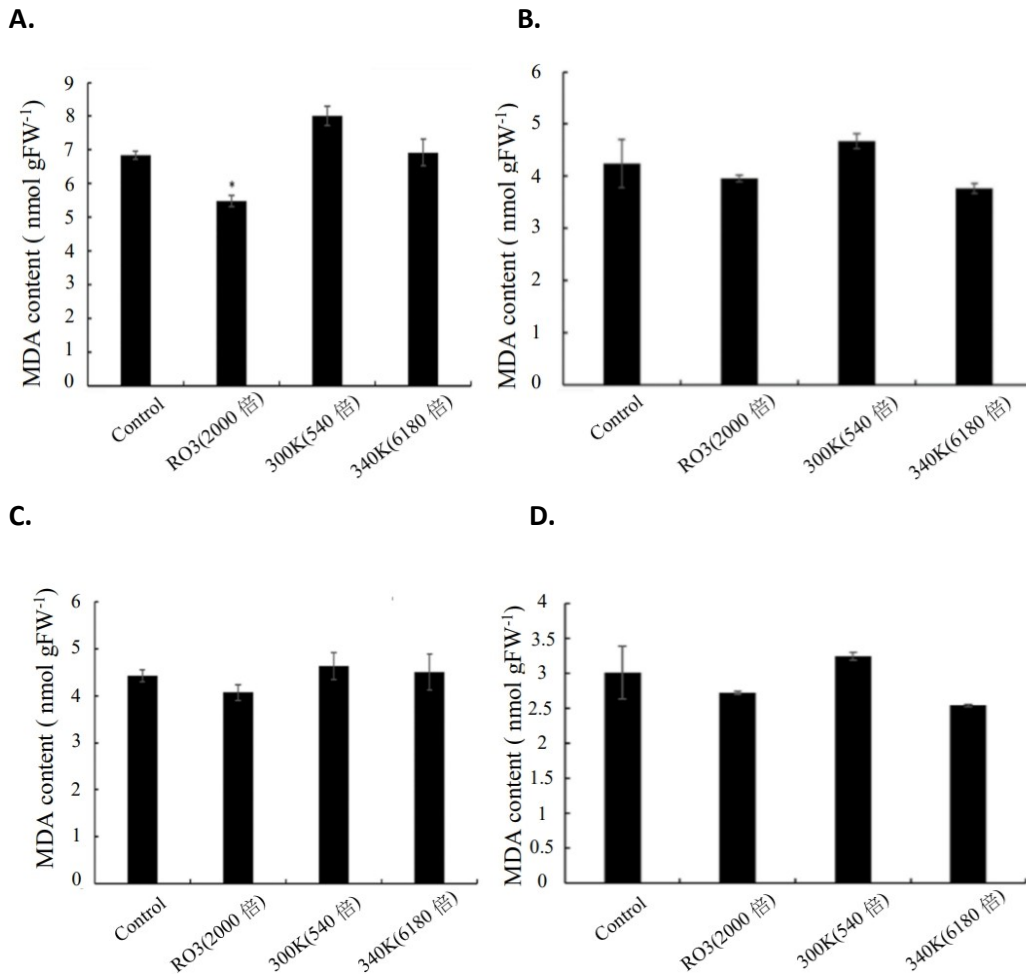
圖一、小白菜、蕃茄之 TTC 活性測定：稀釋倍率分別為 RO3 (稀釋 2,000 倍)、300K (稀釋 540 倍) 及 340K (稀釋 6,180 倍)，目的是為了讓不同海洋深層水的鹽濃度一致，且外表生長狀況與未噴灑的對照組比較起來差不多的鹽濃度。**A、B：**市售小白菜及蕃茄噴灑海洋深層水之 TTC 活性測定：實驗材料使用的是市售的樣品，而小白菜採用全葉片包含葉脈，蕃茄使用的是果實。**C、D：**自種子開始添加海洋深層水處理後的小白菜、蕃茄之 TTC 活性測定：小白菜栽種時間為 1 個月，使用的部分為全葉包含葉脈；蕃茄為 2 個月(果實成熟)使用的是果實和葉片。數值為三個重的平均值和相應的標準偏差。星號表示顯著性水平 $p \leq 0.05$ 。



圖二、小白菜、蕃茄之 DPPH 清除自由基能力分析：稀釋倍率為 RO3（稀釋 2,000 倍）、300K（稀釋 540 倍）及 340K（稀釋 6,180 倍），目的是為了讓不同海洋深層水的鹽濃度一致且外表生長狀況與未噴灑的對照組比較起來差不多的鹽濃度。**A、B：**市售小白菜及蕃茄噴灑深層水之 DPPH 清除自由基能力分析：實驗材料使用的是市售的樣品，而小白菜採用全葉片包含葉脈，蕃茄使用的是果實。**C、D：**自種子開始添加深層水處理後的小白菜、蕃茄之 DPPH 清除自由基能力分析：小白菜栽種時間為 1 個月，使用的部分為全葉包含葉脈；蕃茄為 2 個月(果實成熟)使用的是果實和葉片。數值為三個重的平均值和相應的標準偏差。星號表示顯著性水平 $p \leq 0.05$ 。

3. MDA 含量分析：

脂質過氧化形成丙二醛(MDA)和 4-羥基壬烯醛(4-HNE)，是目前最廣泛接受的氧化損傷測定之一。從數據的高低可以比較出氧化損傷程度，數值低代表氧化受損少，從圖三 A、B 看到的 MDA，只有圖三 A RO3 有顯著性差異，而 300K 和 340K 跟對照組相比，無顯著差異。在圖三 C、D 看到跟對照組相比，自種子開始添加深層水處理的小白菜與蕃茄，在 RO3 有下降趨勢，但未達到統計顯著水準(圖三 C)；蕃茄則是 RO3 和 340K 有下降的趨勢，但未達到統計顯著水準。



圖三、小白菜、蕃茄之脂質過氧化分析：稀釋倍率為 RO3 (稀釋 2,000 倍)、300K (稀釋 540 倍)及 340K (稀釋 6,180 倍)，目的是為了讓不同海洋深層水的鹽濃度一致且外表生長狀況與未噴灑的對照組比較起來差不多的鹽濃度。**A、B：**市售小白菜及蕃茄噴灑深層水之脂質過氧化分析：實驗材料使用的是市售的樣品，而小白菜採用全葉片包含葉脈，蕃茄使用的是果實。**C、D：**自種子開始添加深層水處理後的小白菜、蕃茄之脂質過氧化分析：小白菜栽種時間為 1 個月，使用的部分為全葉包含葉脈；蕃茄為 2 個月(果實成熟) 使用的是果實和葉片。數值為三個重的平均值和相應的標準偏差。星號表示顯著性水平 $p \leq 0.05$ 。

討 論

本次實驗發現，添加海洋深層水可以讓小白菜與蕃茄細胞活性(圖一)和 DPPH 活性增加(圖二)。首先由 TTC 活性測定，可以看到對市售的小白菜和蕃茄噴灑深層水，或是自種子添加深層水的小白菜和蕃茄，都以海洋深層水 300K (稀釋 540 倍)、340K (稀釋 6,180 倍)跟未添加海洋深層水的對照組相比有較高的活性(圖一 A、B、C、D)。而在 DPPH 自由基清除率分析可以看到對市售的小白菜和蕃茄噴灑三種海洋深層水，跟對照組相比皆有顯著提高 DPPH 清除率的效果(圖二 A、B)。而自種子添加海洋深層水的小白菜和蕃茄則是蕃茄有顯著提高 DPPH 清除率的效果(圖二 D)，小白菜有提高但未達到統計顯著水準的差異(圖二 C)。最後在 MDA 分析，看到在市售的小白菜為 RO3 有下降，蕃茄則是 RO3 和 340K 有下降的趨勢但未達到統計水準的差異(圖三 A、B)；自種子添加海洋深層水的小白菜和蕃茄也是小白菜添加 RO3 有下降但未達到統計水準的差異(圖三 C)，蕃茄是 RO3 和 340K 下降但未達到統計水準的差異(圖三 D)。目前還沒有看到 TTC 活力和 DPPH 活力有相關的報告，因此這次實驗推論的是因為深層水可以幫助兩種作物增加抗氧化物(圖二)，減少自由基的累積，而植物的老化與自由基(free radicals)所誘發的氧化逆境(oxidative stress)有關[7]，所以這邊把因為 TTC 活力和 DPPH 活力連在一起。因為自由基的累積減少了，不會讓作物細胞被破壞，細胞的活性會跟對照組相比提高[12]。推論添加深層水可以讓兩種作物的老化減緩。然後從 Chiang 等人的文章看到抗氧化酵素活性增加，可以讓 MDA 的含量下降[11]，因此推論 RO3 主要使小白菜和蕃茄增加抗氧化酵素活性，減少 MDA 的含量，而 300K、340K 主要可以幫助小白菜和蕃茄增加抗氧化物質，因而減少自由基的累積[5, 6]。RO3 與 300K、340K 增強小白菜與蕃茄的保鮮效果可能由不同的訊息傳遞調控。未來可分析不同海洋深層水的添加對抗氧化酵素(SOD、CAT、GR、APX)活性的影響來證明我們的推論。

致 謝

本研究為與泓發樂活氏水科技服務股份有限公司之產學案。感謝泓發樂活氏水科技服務股份有限公司提供海洋深層水及經費補助。

參考文獻

[1] 乙烯、蔬果完熟與貯藏的曖昧關係。

http://www.imeifoods.com.tw/news_page/IMEI_FS_0012.html

[2] Bleecker AB, Kende H. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annu Rev Cell Dev Biol* 2000, 16:1-18.

- [3] Iqbal N, Trivellini A, Masood A, Ferrante A, Khan NA. Current understanding on ethylene signaling in plants: the influence of nutrient availability. *Plant Physiol Biochem* 2013, 73:128-138.
- [4] Nani M, Zura S, Majid FAA, Jaafar AB, Mahdzir A, Musa MN. Potential health benefits of deep sea water: a review. *Evid Based Complementary Alternat Med* 2016, 2016:6520475.
- [5] Pascale SD, Maggio A, Fogliano V, Ambrosino P, Ritieni A. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *J Hortic Sci Biotechnol* 2001, 76:447-453.
- [6] Sgherri C, Kadlecová Z, Pardossi A, Navari-Izzo F, Izzo R. Irrigation with diluted seawater improves the nutritional value of cherry tomatoes. *J Agric food Chem* 2008, 56:3391-3397.
- [7] Ya'acov Y L. Plant senescence processes and free radicals. *Free Radic Biol Med* 1988, 5:39-49.
- [8] 蘇育慧：大量表現南瓜超氧化物歧化酶增強阿拉伯芥轉基因耐冷逆境之分析。碩士論文。銘傳大學生物科技學系碩士班，私立銘傳大學 2018。
- [9] Lopez Del Egidio L, Navarro-Miró D, Martinez-Heredia V, Toorop PE, Iannetta PP. (2017). A spectrophotometric assay for robust viability testing of seed batches using 2, 3, 5-triphenyl tetrazolium chloride: using *Hordeum vulgare* L. as a model. *Front Plant Sci* 2017, 8:747.
- [10] 汪靖傑：水耕式栽種蕃茄添加海洋深層水養業之生理特性及生化分析。碩士論文。銘傳大學生物科技學系碩士班，私立銘傳大學 2016。
- [11] Chiang CM, Chen CC, Chen SP, Lin KH, Chen LR, Su YH, Yen HC. Overexpression of the ascorbate peroxidase gene from eggplant and sponge gourd enhances flood tolerance in transgenic Arabidopsis. *J Plant Res* 2017, 130:373-386.
- [12] Lazo-Javalera MF, Tiznado-Hernández ME, Vargas-Arispuro I, Valenzuela SE, del Carmen Rocha-Granados M, Martínez-Montero ME, Rivera-Domínguez M. Data on antioxidant activity in grapevine (*Vitis vinifera* L.) following cryopreservation by vitrification. *Data Brief* 2015, 5:549-555.
- [13] Lung TY, Liao LY, Wang JJ, Wei BL, Huang PY, Lee CL. Metals of deep ocean water increase the anti-adipogenesis effect of *Monascus*-fermented product via modulating the monascin and ankaflavin production. *Mar Drugs* 2016, 14:E106.
- [14] Roupheal Y, Kyriacou MC, Petropoulos SA, De Pascale S, Colla G. Improving

vegetable quality in controlled environments. *Sci Hortic* 2018, 234:275-289.

[15] Roupael Y, Petropoulos SA, Cardarelli M, Colla G. Salinity as eustress or for enhancing quality of vegetables. *Sci Hortic* 2018, 234:361-369.

[16] Abdelgawad KF, El-Mogy MM, Mohamed MIA, M., Garchery C, Stevens RG. Increasing ascorbic acid content and salinity tolerance of cherry tomato plants by suppressed expression of the ascorbate oxidase gene. *Agronomy* 2019, 9:51.

[17] Sasidharan R, Hartman S, Liu Z, Martopawiro S, Sajeev N, van Veen H, Voesenek LA. Signal dynamics and interactions during flooding stress. *Plant Physiol* 2018, 176:1106-1117.

[18] Sun G, Mei Y, Deng D, Xiong L, Sun L, Zhang X, Wen Z, Liu S, You X, Nasrullah, Wang D, Wang NN. N-terminus-mediated degradation of ACS7 is negatively regulated by senescence signaling to allow optimal ethylene production during leaf development in *Arabidopsis*. *FrontPlant Sci* 2017, 8:2066.

[19] Cheng MC, Liao PM, Kuo WW, Lin TP. The *Arabidopsis* ethylene response factor 1 regulates abiotic stress-responsive gene expression by binding to different cis-acting elements in response to different stress signals. *Plant Physiol* 2013, 162:1566-1582.

[20] Mao JL, Miao ZQ, Wang Z, Yu LH, Cai XT, Xiang CB. *Arabidopsis* ERF1 mediates cross-talk between ethylene and auxin biosynthesis during primary root elongation by regulating ASA1 expression. *PLoS Genet* 2016, 12:e1005776.

[21] Benavente LM, Alonso JM. Molecular mechanisms of ethylene signaling in *Arabidopsis*. *Mol Biosyst* 2006, 2:165-173.

[22] Park CH, Roh J, Youn JH, Son SH, Park JH, Kim SY, Kim TW, Kim SK. *Arabidopsis* ACC oxidase 1 coordinated by multiple signals mediates ethylene biosynthesis and is involved in root development. *Mol Cells* 2018, 41:923-932.

Analysis the Cell Viability Activity and Antioxidant Ability of Pakchoi and Tomato by Deep Ocean Water

Wei-Jun Xie , Yi-Sheng Chen , Hui-Chung Wu , Shwu-Fen Pan, Kuan-Hung Lin,
Chih-Ming Chiang *

Department of Biotechnology, School of Health Technology, Ming-Chuan University,
Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

Abstract

In this study, three types of deep ocean water (DOW) provided by Hongfa Luohuo Water Technology Service Co., Ltd. were used: RO3 (calcium-containing DOW), 300K (high magnesium DOW), and 340K (high magnesium salt DOW). The hydroponic cultivation method was used to compare experimental group (add DOW) and control group (without add DOW) to find out the optimal dilution rates that does not affect the growth of pakchoi and tomato. In which the optimal dilution rates were RO3 (2,000-fold dilution), 300K (540-fold dilution) and 340K (6,180-fold dilution). This dilution ratio was further used to analyze the effects of deep ocean water on the growth and freshness of the two crops. We found that both spraying commercial pakchoi and tomato with DOWs or adding DOWs from seed germination to maturation can increase tissue activity by TTC activity assay compared with the control group. It was found that pakchoi sprayed with 300K was 1.3 times and 340K was 1.16 times higher than the control group. Tomato sprayed with 300K was 1.19 times and 340K was 1.3 times higher than the control group. When adding DOWs from pakchoi and tomato seeds' germinating in pakchoi: 300K was 1.2 times and 340K was 1.1 times higher than the control group. While in tomato: 300K was 1.15 times and 340K was 1.2 times higher than the control group. In the DPPH free radical scavenging ability test, it was no significant difference between DOWs and no treatment with both plants from seed germination to maturation. Results showed an enhanced pattern. Compared with the control group, commercial pakchoi was sprayed with RO3-increased 2.5% and 340K increased 3% compared with the control group. Tomato sprayed with RO3 increased 3%, 300K increased 4.1% and 340K increased 2.8% compared with the control group. The DPPH scavenging ability of pakchoi treat with 300K from seed germination to maturation showed increased trend. Tomato treat with RO3 increased 1.3%, 300K increased 0.8% and 340K

increased 1.5% compared with the control group. Therefore, it is inferred that the addition of 300K and 340K can enhance the preservation of the two crops.

Keywords: deep ocean water; hydroponic; preservation

Corresponding author: Chih-Ming Chiang [Email: cmchiang@mail.mcu.edu.tw]

Received 10-17-2019 / Revised 11-12-2019 / Accepted 12-30-2019 / Online published
1-2-2020

MC-Transaction on Biotechnology, 2020, Vol. 11, No. 1, e1

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.