

種子處理對落花生芽菜生長與白藜蘆醇含量之影響

劉 筱 筠¹⁾ 宋 妤²⁾

關鍵字：落花生、芽菜生長、種子處理、白藜蘆醇

摘要：落花生 (*Arachis hypogaea*) 多以種仁、芽菜或加工形式被食用，富含豐富的營養價值，其中以白藜蘆醇最受人關注。本研究以種子浸種處理生產落花生芽，分析落花生芽的生長性狀和各部位的白藜蘆醇含量。分析結果以'台南9號'落花生種子以 25°C 清水浸種 24 小時，加超音波處理 4 小時處理組有較佳的發芽率與發芽勢，且芽菜具有較高白藜蘆醇含量，有助於建立高品質落花生芽菜生產。

前 言

落花生(*Arachis hypogaea*)為雙子葉豆科植物，又稱花生、長生果等，多以種仁、芽菜或加工形式被食用，富含豐富的營養價值，其中以白藜蘆醇最受人關注。於栽培過程中，種子的發芽率、芽菜營養成分、植株生長情形與種子生產等為應研究的議題。

白藜蘆醇(Resveratrol)為一種非黃酮多酚化合物，分子式為 $C_{14}H_{12}O_3$ ，分子量 228.25，以游離態(順式-、反式-)和糖苷結合態(順式-、反式-)兩種形式存在。最早被發現於葡萄葉表皮和漿果果皮中受到真菌感染，所產生的一種重要的植物抗毒素，多存在葡萄科、蓼科、豆科、松科和百合科等 72 多種植物中(陳和楊，2011；楊和李，2011；Ingham, 1976；Keen, 1975；Kiselev, 2011；Lee *et al.*, 2009；Pae *et al.*, 2011；Ragab *et al.*, 2006)。

落花生芽菜生產流程，大致可區分為：種子品質調製、種子催芽、豆芽孵育、芽菜採收調製等四個階段，其中第一階段「種子品質調製」為生產過程中，為最容易被疏忽的關鍵技術之一，主要是因為落花生種子結構及生理特性與一般豆芽菜使用豆類種子迥異，種子材料未經適當調製處理，易導致發芽率參差不整齊，造成產品良率降低等問題(陳，2015)。前人研究指出落花生種子清洗後於 28°C 下浸泡 6 小時，植於濕的薄紗布栽培 48 小時後，

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

分析種子與芽菜營養成分的變化，發現落花生種子中的總酚類、非單寧酚類、單寧和植酸含量，於萌芽後皆呈現下降(Megat and Azrina, 2012)。亦有將種子浸泡 50°C 下 10 分鐘，接著 20°C 下 12 小時，栽培於 100% 相對溼度、25°C 中 5 天後，分析種子與芽菜營養成分的變化，落花生萌芽後，子葉總可溶性糖下降，芽體則呈上升；抗壞血酸、脂肪、總胺基酸含量皆下降(Li *et al.*, 2014)。落花生經不同頻率超音波分別處理 10、20、30 分鐘後，又分別浸種 2、4、6、8、10 小時，栽培於生長箱中 28°C 和相對溼度 90% 下 5 天，測量發芽率和白藜蘆醇含量，得知處理 20 分鐘浸種於 25°C 下 6 小時下效果最佳(Yu *et al.*, 2016)。依不同品種-'台南 9 號'、'台南 11 號'和'台南 12 號'栽培作為芽菜，將落花生種子用自來水浸種 4 小時，置於黑暗的 25°C、相對溼度 95% 的栽培箱中栽培 9 天後，以各品種與部位比較白藜蘆醇的含量，隨著栽培天數增加，白藜蘆醇有增加趨勢，其中以子葉含量最高、莖部則未檢出，三個品種以'台南 11 號'含量最高(李，2008；Wang *et al.*, 2005)。

由前述眾多前人研究結果中，得知不同的作物、浸種時數和栽培環境皆會影響芽菜的發芽與生長情況，且其營養成分的分析與二次代謝物成分結果也不盡相同，尚無一個較明確且穩定的浸種時數與栽培處理方式(Bourgaud *et al.*, 2001)。因此，本試驗目的為希望透過不同的浸種處理方式，找到一個較適合落花生芽菜生長與同時可達到促進白藜蘆醇含量增加的生產方式。

材料與方法

一、試驗材料

以落花生'台南 9 號'(購自太平洋農藝公司)為主要之測試品種。

二、試驗時間：於 2015 年 11 月至 2016 年 2 月

三、試驗地點與設備

於國立中興大學附屬職業農業學校園藝科溫室，共有三座三層架，其設有內外遮陰網、耐美樹脂地板、水牆、抽風扇兩具、自動噴霧系統及微型電腦控制系統。自動噴霧水源以自來水經過 RO 逆滲透過濾，再經紫外線燈管殺菌後經幫浦噴出，相對溼度控制於 75% 以下。以塑膠公文籃 24 L 600 型(53×42×13 cm)和密林 24 L 600 型(53.5×42.5×13 cm)為一組栽培盒，一共使用 10 組栽培盒。

四、浸種

將落花生種子進行清洗後，挑選飽滿且沉於水面下的種子，每組 50 顆種子為一重複，分別做 3 重複。將挑選出優良種子使用經過 RO 逆滲透過濾水清洗，再經紫外線燈管殺菌後，自來水進行浸種處理，每 6 小時進行換水。浸種處理完成後，將種子均勻播於栽培盒，放置於溫室內栽培與進行處理。栽培數天後收成，調查生長數值與高效液相層析法(HPLC)分析白藜蘆醇的含量。

五、處理

以上栽培於栽培溫室日夜溫 20/15°C，每日 8:00-20:00 每 30 分鐘自動澆水 15 秒。

(一)浸種溫度：分別浸種於 7°C 冰水和室溫 25°C 下 24 小時，栽培 14 天。

(二)浸種時間與栽培天數：室溫 25°C 水分別浸種 12 小時、24 小時和 48 小時，分別栽培 7 天、14 天和 21 天。

(三)超音波處理：浸種 24 小時，於浸種過程最後 2 小時和 4 小時，分別處理 2 小時和 4 小時超音波震盪(C9NB-CPX2800)，頻率為 40 kHz，栽培 14 天。

六、調查項目

(一)生長調查

各處理皆經 14 天栽培後，停止處理進行取樣分析，除了栽培天數試驗中的 7 天栽培和 21 天栽培收成。主要測量根長、胚莖長、葉長、胚莖寬、地上部鮮重、地下部鮮重與發芽率。

1. 根長度:從胚莖最底部算起至根尖，測量主根長度。

2. 胚莖長度:從胚莖最底部測量至子葉展開處。

3. 上胚軸長度:為子葉與胚莖交界處至最高主葉片長度。

4. 胚莖寬度:為測量胚莖最粗面之直徑寬度。

根長、胚莖長、葉長和胚莖寬皆從三重複中隨機各取樣五株進行測量。

5. 發芽率:記錄於栽培第二天後計算，胚根突出種皮即算發芽，分別計算每一組栽培發芽率後之平均值，三重複，僅計算一次。

6. 地上部鮮重:分別以抽樣作為萃取的 50 株植株重量，三重複。

7. 地下部鮮重:分別以抽樣作為萃取的 50 株植株重量，三重複。

(二)白藜蘆醇含量分析

1. 藥品

(1)工業級藥品:甲醇(Methonl)、乙酸乙脂(Ethyl acetate)(台灣默克股份)

(2)分析用藥品:HPLC 級的乙酸乙脂(Ethyl acetate)和正己烷(N-Hexane)(台灣默克股份)

(3)標準品:白藜蘆醇(Resveratrol) (sigma)

2. 儀器

(1)HPLC 管柱: Luna 5u Silica(2) 100R

(2)HPLC 儀器: Agilent 1100 Series

(3)濃縮機:Heidolph/L. 4000

3. 落花生白藜蘆醇萃取

(1)取 50 株栽培 14 天後收成的落花生樣品為一重複，除了栽培天數試驗中的 7 天栽培和 21 天栽培收成，共 3 重複，分別將地上部和地下部浸泡於甲醇(Methonl)溶液中，甲醇溶液以淹過樣品為準，將瓶口用鋁箔紙密封後浸泡一週。

(2)將溶液取出，經過過濾後裝入 500 ml 的濃縮瓶中，經 Heidolph/L. 4000 濃縮機縮乾後，

裝入 20 ml 樣品瓶中。

- (3)樣品瓶中的溶液倒入分餾瓶中，加入乙酸乙脂(Ethyl acetate)和蒸餾水，以八字形混合分餾瓶中的溶液後，靜置 10-15 分鐘等待溶液分層，取最上層乙酸乙脂(Ethyl acetate)溶液，裝入濃縮瓶中。此步驟重複 3 次，以增加成分的萃取程度。
- (4)將濃縮瓶內的溶液經濃縮機縮乾後，秤重，計算濃縮率。
- (5)於濃縮瓶中加入分析級的乙酸乙脂(Ethyl acetate)，確定瓶中樣品全部溶解後裝入新的樣品瓶中，再利用抽風櫃風乾。取出風乾後的樣品瓶，則樣品置備完成。

4. 落花生白藜蘆醇分析

- (1)將置備完成的樣品進行秤重。
- (2)依樣品重量進行稀釋，將樣品濃度皆稀釋成 0.5 mg/ml，並將樣品冰至-20°C 中貯藏。
- (3)設定分析條件後，使用針管吸取 100 μ l 樣品，打入 Agilent 1100 Series HPLC 儀器中進行分析。

管柱: Luna Su Silica(2) 100R；流速:1.0 ml/min 吸收波長: 256 nm；時間:80 分鐘。

- (4)利用標準品濃度與面積換算樣品 HPLC 測定結果。
- (5)換算方式:利用標準品的檢量線換算出白藜蘆醇含量，再將白藜蘆醇含量/各樣品鮮重，將樣品白藜蘆醇含量換算成 μ g/g f.w.做為結果表示。

分析條件如下

流動相:正己烷((N-Hexane):乙酸乙脂(Ethyl acetate)

00 分鐘:正己烷((N-Hexane):乙酸乙脂(Ethyl acetate)= 80:20

30 分鐘:正己烷((N-Hexane):乙酸乙脂(Ethyl acetate)= 75:25

40 分鐘:正己烷((N-Hexane):乙酸乙脂(Ethyl acetate)= 75:25

60 分鐘:正己烷((N-Hexane):乙酸乙脂(Ethyl acetate)= 0:100

80 分鐘:正己烷((N-Hexane):乙酸乙脂(Ethyl acetate)= 0:100

5. 利用高效液相層析法進行白藜蘆醇定量試驗

以高效液相層析法(high performance liquid chromatography)進行白藜蘆醇定量分析。使用購買自 sigma 公司的白藜蘆醇(Resveratrol)標準品。將標準品稀釋成 1.0 mg/ml、0.5 mg/ml 和 0.1 mg/ml 後，依上述的分析條件設定下，進行分析，確認白藜蘆醇主要出現時間第 49-50 分鐘，紀錄濃度與面積，再利用 Excel 軟體將濃度 1.0 mg/ml、0.5 mg/ml 和 0.1 mg/ml 和測定面積製作定量曲線。

七、統計分析

各試驗皆採完全逢機設計(completely randomized design CRD)，以統計軟體 SAS 套裝軟體 9.1 版(SAS Institute, Cary, NC)中之 ANOVA(Analysis of Variance)進行變方分析($\alpha=0.05$)，以 T-test 或 Fisher's LSD 進行試驗間各處理平均值的比較。

結 果

一、生長調查

(一)浸種溫處理

分別浸種於 7°C 冰水和室溫 25°C 下 24 小時後進行栽培。結果顯示，隨著浸種溫度降低，發芽率從 98% 降低至 90%，可知低溫對種子發芽有較不利的效果，但於栽培後，根長度、地上部鮮重和地下部鮮重有顯著上升，根長度平均長達 12 公分，地下部鮮重更比室溫 25°C 浸種處理組 8.8 公克高約 2 倍重，平均為 18.5 公克，且地上部鮮重達 107 公克。胚莖長度兩處理組無顯著差異，皆約為 2.5 公分，胚莖寬度則以室溫 25°C 浸種處理組 0.7 公分，顯著優於 7°C 冰水處理組(表 1)

(二)浸種時間與栽培天數

於不同浸種時數與栽培天數試驗中，依相同浸種時數，不同栽培天數。浸種 12 小時下，隨著栽培天數增加，其根長度、胚莖寬度、地上部鮮重和地下部鮮重皆顯著上升，於栽培 21 天下根長約為 5.6 公分、胚莖寬度達 0.6 公分、地上部鮮重約為 94 公克和地下部 9.6 公克，且子葉展開，上胚軸長度達 2.4 公分，但以栽培 14 天下胚莖長度最長 2.8 公分。浸種 24 小時下，隨著栽培天數增加，其根長度、地上部鮮重和地下部鮮重皆顯著上升，於栽培 21 天下根長約為 11.9 公分、地上部鮮重約為 140 公克和地下部 19.4 公克，且子葉展開，上胚軸長度達 3.5 公分，但以栽培 14 天下胚莖長度最長 3.5 公分，胚莖寬度達 0.7 公分。浸種 48 小時下，隨著栽培天數增加，其根長度、胚莖長度、胚莖寬度、地上部鮮重和地下部鮮重皆顯著上升，根長為 2.9 公分、胚莖長度 3.4 公分、胚莖寬度 0.6 公分、地上部鮮重 91.2 公克和地下部鮮重 13.0 公克，且子葉展開，上胚軸長度為 7.4 公分，而栽培 14 天之數值皆次於 21 天，栽培 7 天則是最差(圖 1)。

依不同浸種時數，相同栽培天數下，浸種時數的長短顯著影響種子發芽率，浸種 12-24 小時下發芽率高達 97%，而浸種 48 小時下，發芽率下降為 86%。不論是栽培 7 天、14 天或 21 天下，整體生長數據皆以浸種 24 小時下為佳，其中以浸種 24 小時栽培 21 天下根長度、地上部鮮重和地下部鮮重皆顯著優於浸種 12 小時和 48 小時處理組，其根長達 11.9 公分，為 12 小時處理組 5.9 公分的兩倍，48 小時處理組 2.9 公分的四倍之多，地上部鮮重約為 140 公克，較 12 小時和 48 小時處理組多達 50 公克，但以栽培 14 天下胚莖長度最長 3.5 公分，胚莖寬度達 0.7 公分，子葉展開，上胚軸長度約 1.9 公分，且地上部鮮重仍達 103.5 公克。浸種 12 小時之數值皆次於 24 小時，48 小時則是最差(圖 1)。

(三)超音波處理

經超音波處理後的落花生芽，無論是處理 2 小時或 4 小時組，其生長情況良好。有無處理組其發芽率皆高 97%，但隨著處理超音波震盪的時間增長，根長度、地上部鮮重和地下部鮮重皆有顯著上升，超音波處理 2 小時，根長度約為 10.6 公分，超音波處理 4 小時組根長度平均長達 13 公分，地下部鮮重更比未處理組 9.7 公克高約 4 倍重，平均為 36.1 公克，且地上部鮮重也較未處理組高約 2 倍重達 162.9 公克。胚莖長度三處理組皆無顯著

差異為平均約 2.5 公分，胚莖寬度則以未處理組為佳(表 2)。

綜合比較 4 組不同的物理性處理浸種方式-溫度和超音波來看，浸種溫度降低發芽率也會顯著下降從 98%降低至 90%，4 小時超音波震盪處理組根長最長 13 公分、地上部鮮重 162.9 公克、地下部 36.1 公克鮮重最重，超音波處理 2 小時組次之，25°C 常溫浸種最差，但以 25°C 常溫浸種下胚莖寬最寬 0.7 公分 (表 1、表 2 及圖 2)。

二、白藜蘆醇含量分析

(一)浸種溫度

經 HPLC 分析結果得知，不同溫度浸種處理下，於浸種 25°C 處理組的白藜蘆醇含量，其地上部含量約為 2.24 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，地下部則為 13.16 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，顯著高於浸種 7°C 冰水處理組的含量，其地上部含量僅 0.79 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，地下部則較高約有 9.20 $\mu\text{g/g f.w.}$ (表 3)。

(二)浸種時間與栽培天數

依浸種 24 小時，不同栽培天數下，栽培 21 天後收成的落花生芽地上部白藜蘆醇含量最高為 2.85 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，栽培 14 天下次之，然而栽培 14 天下地下部含量最高為 13.70 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，顯著高於栽培 21 天的 8.89 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，另外將落花生種子浸種 24 小時後進行分析，其白藜蘆醇含量未檢測出。

依不同浸種時數栽培 14 天，結果顯示，浸種 48 小時處理組地下部有最高的白藜蘆醇含量 16.03 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，顯著高於 12 小時和 24 小時處理組，而地上部含量則以浸種 12 小時處理組含量較高約為 1.75 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，但僅高 24 小時處理不到 0.1 $\mu\text{g/g f.w.}$ (表 3)。

(三)超音波處理

以超音波處理 4 小時組白藜蘆醇含量最高，其地上部含量為約 2.56 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，地下部則高達 18.56 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，顯著優於未處理組地下部 13.16 $\mu\text{g/g f.w.}$ ，而超音波處理 2 小時，地上部和地下部含量亦優於未處理組(表 3)。

綜合四個不同物理處理試驗比較，以浸種 25°C 超音波處理 4 小時組有最高的地上部 2.56 $\mu\text{g/g f.w.}$ 和地下部 18.56 $\mu\text{g/g f.w.}$ 白藜蘆醇的含量，其地上部含量約為浸種 7°C 冰水處理組的 3 倍，地下部含量也高達 2 倍(表 3)。

表 1. 不同浸種溫度對對落花生芽生長^z之影響

Table 1. The effect of soaking temperature on the growth of peanut sprout.

Treatment- soaking temperature (°C)	7°C	25°C
Root Length (cm)	12.0±0.5 ^{xy}	4.8±0.6
Stem Length (cm)	2.5±0.2	3.5±0.2*
Stem width (cm)	0.6±0.0	0.7±0.0*
Above ground Fresh weight (g)	107.2±0.7*	103.5±1.1
Under ground Fresh weight (g)	18.5±0.4*	8.8±0.2
Germination rate (%)	90.4±1.0	97.6±0.6*

^z浸種 24 小時，栽培於日夜溫 20/15°C 下 14 天。

^y Mean ± standard error (n=3). Values within rows followed by * are significantly different at 5% level by T-test.

表 2. 浸種 25°C 處理超音波 2 或 4 小時對落花生芽生長^z之影響

Table 2. The effect of soaking in 25°C with 2 hr or 4 hr ultrasonic on the growth of peanut sprout.

Treatment- ultrasonic time (hr)	0 hr	2 hr	4 hr
Root Length (cm)	4.8±0.6c ^y	10.6±0.6b	13.1±0.7a
Stem Length (cm)	3.5±0.2a	2.5±0.1b	2.6±0.2b
Stem width (cm)	0.7±0.0a	0.6±0.0b	0.6±0.0b
Above ground Fresh weight (g)	103.5±1.1c	132.4±2.7b	162.9±1.7a
Under ground Fresh weight (g)	8.8±0.2c	21.9±0.6b	36.1±0.6a
Germination rate (%)	97.6±0.6a	96.3±0.5a	97.2±0.4a

^z浸種 24 小時，栽培於日夜溫 20/15°C 下 14 天。

^y Mean ± standard error (n=3). Means with different letters within rows are significantly different at 5% level ($P < 0.05$) by Fisher's LSD test.

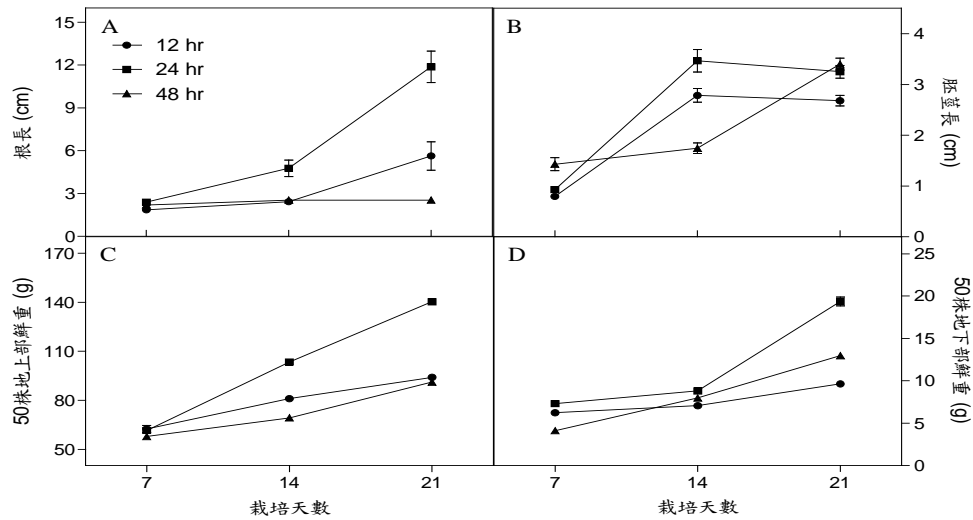


圖 1. 浸種 12、24 和 48 小時後，分別栽培 7、14 和 21 天下，落花生芽之根長(A)、胚莖長(B)、50 株地上部鮮重(C)和 50 株地下部鮮重(D)。

Fig. 1. The root length(A), stem length(B), 50 plant of above ground fresh weight(C) and 50 plant of underground fresh weight(D) of peanut sprout grown in 7, 14 and 21 days cultivation with presoaking 12 hr, 24 hr and 48 hr. Error bar is the standard error of mean.

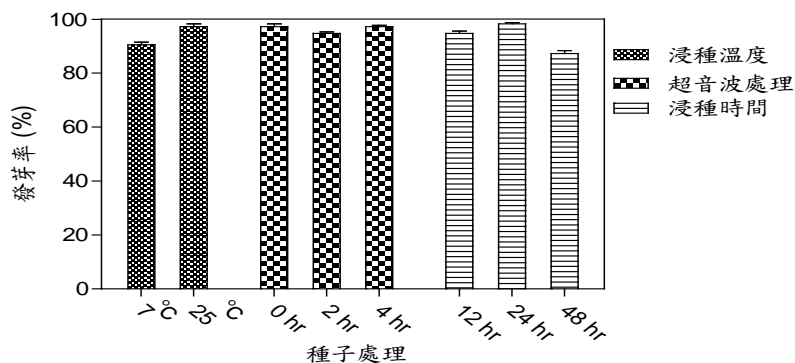


圖 2. 種子浸種 24 小時，分別處理溫度 7°C 和 25°C 以及超音波 2 hr 和 4 hr 下，以及浸種 12、24 和 48 小時未處理，落花生種子發芽率。

Fig. 2. The germination rate of peanut seed grown in 7°C or 25°C and 2 hr or 4 hr. ultrasonic treatment with presoaking 24 hr, and presoaking 12, 24 and 48 hr. Error bar is the standard error of mean.

表 3. 不同浸種溫度、超音波 2 或 4 小時和栽培天數對落花生芽白藜蘆醇含量^z之影響
 Table 3. The resveratrol content of soaking temperature, 2 hr or 4 hr ultrasonic and grown days on the growth of peanut sprout.

Treatment soaking time-temperature- ultrasonic time	Under ground (µg/g f.w.)	Above ground (µg/g f.w.)	Under ground total (µg/50 plant f.w.)	Above ground total (µg/50 plant f.w.)
24 hr-25°C-0 hr	13.70d ^y	1.66c	120.56e	171.81c
24 hr-7°C- 0 hr	9.20f	0.79d	170.20c	84.69f
24 hr-25°C-2 hr	16.81b	1.62c	368.14b	214.49b
24 hr-25°C-4 hr	18.56a	2.56a	670.02a	417.02a
12 hr-25°C-0 hr	12.64e	1.75b	89.74f	141.75d
48 hr-25°C-0 hr	16.03c	1.65c	128.24d	114.18e

^z栽培於日夜溫 20/15°C 下 14 天。

^y Mean ± standard error (n=3). Means with different letters within columns are significantly different at 5% level ($P < 0.05$) by LSD Fisher's test.

討 論

一、浸種處理對落花生種子發芽率及種苗生長影響

多數前人研究顯示，栽培芽菜之浸種溫度多為室溫 25°C (Wang *et al.*, 2005; Yu *et al.*, 2016) 或 28°C (Megat and Azrina, 2012) 下進行後栽培，且多僅關注落花生芽菜之白藜蘆醇含量，並無調查落花生芽的相關生長情形，本試驗嘗試於落花生種子栽培過程中，將浸種溫度從室溫 25°C 降低為 7°C 冰水下浸種 24 小時後栽培，獲得較佳的根長、胚莖長、地上部鮮重和地下部鮮重，但其發芽率隨浸種溫度下降而顯著下降，且如考量生產成本與技術因素，可選擇將浸種溫度調整介於室溫 25°C 和 7°C 冰水下的溫度進行浸種(表 1)。

於室溫 25°C 下浸種 24 小時過程中，搭配處理超音波處理 2 小時和 4 小時，隨著處理的時間越長，落花生芽之根長、胚莖長度、地上部鮮重和地下部鮮重皆顯著上升，此試驗中以處理超音波 4 小時處理組生長最佳(表 2)，且發芽率高、發芽勢也較強。其作用機制仍尚不明確，僅推測可能是聲音或超音波之震動會影響種子裡的水分變化，提前水解使種子養分分解而萌芽，其確切機制仍需繼續探討(Cai *et al.*, 2014)。超音波處理之技術層面和成本部分皆較容易一些，且推測或許可以再增加處理時數，效果會更加。

於前人研究中提到，栽培落花生芽菜之浸種各不相同，有 6 小時(Megat and Azrina, 2012)、12 小時(Li *et al.*, 2014) 或 4 小時(Wang *et al.*, 2005) 等，於冬季氣溫較低的環境中栽培

落花生芽，溫度宜控制在25°C左右，其採收適期約為8~12天(陳，2015)。由於試驗時日夜溫度為20/15°C，較建議溫度低，因此嘗試栽培比較各種不同種子浸種時數12小時、24小時和48小時和栽培天數7天、14天和24天，結果顯示隨栽培天數增加，根長、地上部鮮重和地下部鮮重顯著上升，且子葉展開，但胚莖長度則是先升後降，發芽率於浸種48小時下也顯著下降，推測雖然每6小時換水一次，但浸種時間仍稍過長，種子處於水中氧氣不足，導致種子壞死而發芽率下降。整體生長數值以浸種24小時栽培14天處理組有最佳的胚莖長度和胚莖寬度，也有較高的發芽率，雖然地上部鮮重和地下部鮮重低於栽培21天，但栽培21天下芽菜胚莖部稍微纖維化，子葉展開上胚軸長度較長，影響食用口感，且考慮栽培成本與生產效率，因此以浸種24小時栽培14天處理組為較佳的栽培條件(圖1)。

二、浸種處理落花生芽之白藜蘆醇含量

前人研究中指出，落花生白藜蘆醇的含量主要存在於根部，若依落花生芽體來看，以根部含量較高，而地上部胚莖部分含量少甚至無測出，子葉部分則含量亦較高，學者指出因地下部較容易於栽培過程中受到環境逆境與外在病蟲害的干擾與影響，因此容易誘導產生抗毒物質-白藜蘆醇來保護植物本身(陳和楊，2011；Chen *et al.*, 2002；Liu *et al.*, 2003；Maria *et al.*, 2009；Sanders *et al.*, 2000；Wang *et al.*, 2005；Zorzete *et al.*, 2011)。本試驗結果中，雖然地上部的鮮重顯著高於地下部，但白藜蘆醇含量以地下部為高，與前人研究中相符，但由於各前人研究中，測定白藜蘆醇的方式不盡相同，有些是屬於乾物重測定含量，也些則屬於鮮重中的含量。本次試驗採測定鮮重中的白藜蘆醇含量，所以白藜蘆醇含量相對較乾物重測定下來的低，其主要是希望此數值可做為一般日常芽菜食用量的換算依據，而非僅看乾物重測定後的較高含量。

有學者指出超音波處理三品種落花生種子，以超音波100 kHz處理發芽率最高，且刺激白藜蘆醇生成 (Yu *et al.*, 2016)，其他學者研究亦指出，將落花生處理超音波後可顯著提升白藜蘆醇含量(Rudolf and Resurreccion, 2005；Sales and Resurreccion, 2009；Wu and Lin, 2002)。本試驗分別進行兩個不同的外在刺激，其一為浸種溫度，以浸種25°C和7°C處理24小時，結果顯示以浸種25°C處理組，其地上部白藜蘆醇含量約為2.24 µg/g f.w.，地下部則為13.16 µg/g f.w.皆顯著高於7°C處理組，推測低溫逆境於種子狀態下仍不會刺激產生白藜蘆醇，可能需要等種子萌芽後再行低溫刺激效果會較佳(表3)。另一試驗是於浸種過程中處理超音波2小時和4小時，結果以超音波處理4小時組白藜蘆醇含量最高，其地上部含量為約2.56 µg/g f.w.，地下部則高達18.56 µg/g f.w.，顯著優於未處理組(表3)，其結果與前人研究相似，也證明超音波處理是可以提升白藜蘆醇含量的生成。

白藜蘆醇為一種重要的天然植物抗毒素，以保護植物本身由生物性或非生物性的刺激，如病原體感染、冷熱刺激、機械外力、紫外線等等 (Ingham, 1976; Sobolev *et al.*, 1995)。前人研究中，將落花生經不同頻率超音波分別處理後，又分別浸種2、4、6、8、10小時，測量發芽率和白藜蘆醇含量，得知處理20分鐘浸種於25°C下6小時下效果最佳(Yu *et al.*, 2016)，而另一研究落花生種子栽培作為芽菜，以各品種與部位作為比較，隨著栽培天數

增加，白藜蘆醇有增加趨勢，其中以子葉含量最高、莖部則未檢出、根部次之(Wang *et al.*, 2005)。

依前人試驗為參考，調整並綜合兩因子處理，進行12小時、24小時和48小時浸種，搭配栽培7天、14天和21天，實驗結果以浸種24小時栽培21天的落花生芽地上部白藜蘆醇含量最高為2.85 $\mu\text{g/g}$ f.w.，栽培14天下次之，而栽培14天下地下部含量最高為13.70 $\mu\text{g/g}$ f.w.，且落花生種子浸種24小時後進行分析，其白藜蘆醇含量未檢測出(表3)。依浸種24小時處理組，可得知其地上部實驗結果與前人研究相符，隨栽培天數增加，白藜蘆醇有增加的趨勢，而各部位含量部分，因為只分地上部和地下部，未將胚莖和子葉分離後分析，因此導致地上部整體含量是低於地下部的。

依不同浸種時數栽培14天，結果顯示，浸種48小時處理組地下部有最高的白藜蘆醇含量16.03 $\mu\text{g/g}$ f.w.，而地上部含量則以浸種12小時處理組含量較高約為1.75 $\mu\text{g/g}$ f.w.，但僅高24小時處理不到0.1 $\mu\text{g/g}$ f.w.，因此浸種時數對地上部白藜蘆醇含量無太大差異，僅地下部有較顯著影響，但若以食用地上部為考量，則可回歸考量各處理之生長調查，得知浸種24小時栽培14天下有最佳的數值表現(表3)。

參 考 文 獻

- 陳國憲。2015。新奇巨無霸豆芽菜～落花生芽菜。臺南區農業專訊 93: 1-2。台南。
- 陳國憲、楊藹華。2011。明日之星-白藜蘆醇介紹。pp. 5-7。刊於：黃惠琳、侯惠珍主編。台南區農業專訊第 75 期。台南區農業改良場。台南。
- 楊藹華、李根。2011。百年農業點將錄-臺南區農業改良場落花生的研發與推廣。臺南區農業專訊 75: 22-25。台南。
- Bourgau, F., A. Gravot, S. Milesi, and E. Gontier. 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Sci.* 161(5): 839-851.
- Cai, W., H. He, S. Zhu, and N. Wang. 2014. Biological effect of audible sound control on mung bean (*Vigna radiate*) sprout. *BioMed Research International*, Article ID 931740, 6 pp.
- Chen, R. S., P. L. Wu, and R. Y. Y. Chiou. 2002. Peanut roots as a source of resveratrol. *J. Agric. Food Chem.* 50(6): 1665-1667.
- Ingham, J. L. 1976. 3, 5, 4'-Trihydroxystilbene as a phytoalexin from groundnuts (*Arachis hypogaea*). *Phytochem.* 15(11): 1791-1793.
- Keen, N. T. 1975. The isolation of phytoalexins from germinating seeds of *Cicer arietinum*, *Vigna sinensis*, *Arachis hypogaea* and other plants. *Phytopathology* 65: 91-102.
- Kiselev, K. V. 2011. Perspectives for production and application of resveratrol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 90(2): 417-425.

- Lee, Y. Y., S. H. Kwon, H. J. Kim, H. J. Park, E. J. Yang, S. K. Kim, Y. H. Yoon, C. G. Kim, J. W. Park, and K. S. Song. 2009. Isolation of oleanane triterpenes and tran-resveratrol from the root of peanut (*Arachis hypogaea*). *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 52(1): 394-399.
- Li, Y. C., H. Qian, X. L. Sun, Y. Cui, H. Y. Wang, C. Du, and X. H. Xia. 2014. The effects of germination on chemical composition of peanut seed. *Food Sci. Technol. Res.* 20(4): 883-889.
- Liu, C. D., Y. Y. Wen, J. M. Chiou, K. H. Wang, and R. Y. Y. Chiou. 2003. Comparative characterization of peanuts grown by aquatic floating cultivation and field cultivation for seed and resveratrol production. *J. Agric. Food Chem.* 51(6): 1582-1585.
- Maria, L., D. L. Francisco, and A. V. A. Resurreccion. 2009. Development of a reversed-phase high performance liquid chromatography (RP-HPLC) procedure for the simultaneous determination of phenolic compounds in peanut skin extracts. *Food Chem.* 117(2): 356-363.
- Megat, M. R. and A. Azrina. 2012. Effect of germination on total phenolic, tannin and phytic acid contents in soy bean and peanut. *Int. Food Res. J.* 19(2): 673-677.
- Pae, S. B., T. J. Ha, M. H. Lee, C. D. Hwang, K. B. Shim, C. H. Park, K. Y. Park, and I. Y. Baek. 2011. Evaluation of characteristics of peanut sprout using Korean cultivars. *Korean J. Crop Sci.* 56(4): 394-399.
- Ragab, A., J. Van Fleet, B. Jankowski, J. H. Park, and S. C. Bobzin. 2006. Detection and quantitation of resveratrol in tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Agric. Food Chem.* 54(19): 7175-7179.
- Rudolf, J. R. and A. V. A. Resurreccion. 2005. Elicitation of resveratrol in peanut kernels by application of abiotic stresses. *J. Agric. Food Chem.* 53(26): 10186-10192.
- Sales, J. M. and A. V. A. Resurreccion. 2009. Maximising resveratrol and piceid contents in UV and ultrasound treated peanuts. *Food Chem.* 117(4): 674-680.
- Sanders, T. H., R. W. McMichael, and K. W. Hendrix. 2000. Occurrence of resveratrol in edible peanuts. *J. Agric. Food Chem.* 48(4): 1243-1246.
- Sobolev, V. S., R. J. Cole, J. W. Dorner, and B. Yagen. 1995. Isolation, purification, and liquid chromatographic determination of stilbene phytoalexins in peanuts. *J. AOAC Inter.* 78(5): 1177-1182.
- Wang, K. H., Y. H. Lai, J. C. Chang, T. F. Ko, S. L. Shyu, and R. Y. Y. Chiou. 2005. Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. *J. Agric. Food Chem.* 53(2): 242-246.
- Wu, J. and L. Lin. 2002. Ultrasound-induced stress responses of *Panax ginseng* cells:

enzymatic browning and phenolics production. *Biotechnol. Prog.* 18(4): 862-866.

Yu, M., H. Liu, A. Shi, L. Liu, and Q. Wang. 2016. Preparation of resveratrol-enriched and poor allergic protein peanut sprout from ultrasound treated peanut seeds. *Ultrason. Sonochem.* 28: 334-340.

Zorzete P., T. A. Reis, J. D. Felicio, A. C. Baquião, P. Makimoto, and B. Corrêa. 2011. Fungi, mycotoxins and phytoalexin in peanut varieties, during plant growth in the field. *Food Chem.* 129(3): 957-964.

Effect of Seed Treatments on the Growth and Resveratrol Content in Peanut (*Arachis hypogaea* L.)

Liu-Hsiao Yun ¹⁾ Yu Sung ²⁾

Key word: Peanut, Sprout growth, Seed treatment, Resveratrol

Summary

The Peanut (*Arachis hypogaea*) is more than a kind of kernel, sprouts or processed in the form of consumption. It has rich nutritional value, of which the most attention of is resveratrol. In this study peanut buds were produced by different treatments of seed soaking. The growth traits and the resveratrol contents in different parts of the plant were analyzed. The results showed that peanut seeds of 'Tainan 9' were soaked in water at 25°C for 24 hours. The germination rate, seeding growth and the content of resveratrol were increased by treated with ultrasonic treatment for 4 hours. This study can contribute to establish high-quality peanut sprouts production.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.