台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 74(4):515–524 (2025)
https://doi.org/10.6156/JTAR.202512_74(4).0009

研究報告

# 提高茄子種原發芽率初探

夏奇鈮[1] 曾馨儀[2] 蔡挹恆[3] 蔡嫻婷[4] 莊淨[5] 游舜期[6,*]

## 摘要

夏奇鈮、曾馨儀、蔡挹恆、蔡嫻婷、莊淨、游舜期。2025。提高茄子種原發芽率初探。台灣農業研究 74(4):515–524。

茄子 (*Solanum melongena* L.) 為重要蔬菜亦為國家作物種原庫選定之核心種原，本研究以種原庫發芽率 (1%) 低下之茄子種原進行紙上法播種，比較浸種時間 (8、16 及 24 h)、溫湯處理 (55℃，15 min) 及培養溫度 (27℃恆溫或 30℃，16 h/20℃，8 h 變溫) 對發芽之影響，結果顯示 16 h 浸種可加速發芽，配合變溫培養在播種 2 wk 後之發芽率最高為 4.0%。將上述播種 2 wk 後未發芽之種子移至含有 0–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 之 1/2 倍濃度 MS 培養基 (Murashige and Skoog medium) 中，並維持其原培養溫度條件，結果顯示在未添加 $GA_3$ 之 1/2 MS 培養基中以恆溫培養 3 wk 後發芽率達 12.5%，而在添加 100 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 培養基配合變溫培養處理中發芽率可達 25.0%。接續測試 0、1/2、1 倍濃度 MS 基礎鹽類作為培養液與添加 0、50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 之組合處理對種子發芽的影響，結果顯示 MS 與 $GA_3$ 兩處理對發芽 (定義為胚根突出 2 mm) 的影響並不顯著，但 1/2 MS 或 50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 單獨處理皆有助發芽種子上胚軸芽體的生長，對後續小苗生長發育具有提升效果。

**關鍵詞**：茄子、種子、發芽、激勃素、MS 培養基。

## 前言

種原是建構育種工作的基礎要素，但種子壽命會受到物種、種子品質及保存條件等諸多因素影響，並且隨儲藏時間拉長而逐漸降低 (Desheva 2016; Yamasaki *et al*. 2020)。國家作物種原庫依種子的保存溫度與使用目的分為短、中及長期庫，其中又以中期庫 (1℃保存) 為最大宗之種原保存場所，提供種原交換、繁殖及評估之用。中期庫種子的保存時間一般為 10–20 年，為確保種子能維持一定之發芽率，且在種子發芽率大幅下降前進行種原更新工作 (Yamasaki *et al*. 2020)。更新程序為自中期庫房中取出種子進行發芽、植株栽培、植株成熟後收取種子及種子處理後重新入庫儲藏。上述種原更新工作的每一步驟皆有其重要性，但實務上最常遭遇的問題就是經過長期儲藏的種子發芽率偏低與發芽不整齊，增加了更新工作的困難度。究其原因可能為長期儲藏後種子老化、品質不佳或保存不當等，但亦有可能為種皮太厚導致吸水性不佳、種子休眠或發芽條件不適當等因素所造成 (Lamichhane *et al*. 2018)。種原庫一般會依種子之大小採用紙間法或紙上法進行發芽測試，但上述兩發芽法僅提供種子發芽所需水分，對於發芽率低下之重要種原而言，還需要開發更多提升發芽率之處理，以確保種原更新工作的進行。

茄子 (*Solanum melongena* L.) 為重要之茄科蔬菜，亦為國家作物種原庫選定之重要核心

投稿日期：2025 年 6 月 23 日；接受日期：2025 年 9 月 11 日。
* 通訊作者：yousc_1@tari.gov.tw
[1] 農業部農業試驗所遺傳資源及生物技術組研究員。臺灣 臺中市。
[2] 農業部農業試驗所遺傳資源及生物技術組副研究員。臺灣 臺中市。
[3] 農業部農業試驗所遺傳資源及生物技術組計畫助理。臺灣 臺中市。
[4] 農業部農業試驗所遺傳資源及生物技術組聘用副研究員。臺灣 臺中市。
[5] 農業部農業試驗所遺傳資源及生物技術組聘用助理研究員。臺灣 臺中市。
[6] 農業部農業試驗所遺傳資源及生物技術組助理研究員。臺灣 臺中市。

種原，茄子屬小粒種子但具堅硬且厚之種皮，種子之透水與透氣性較差，加上種子具休眠性，除造成茄子發芽率低外，並伴隨有發芽緩慢與不整齊的問題。本研究以國家作物種原庫中期庫中保存之茄子種原為研究材料，針對以紙上或紙間發芽法率偏低之茄子種原，除測試各種提高種子發芽率的方法外，並探討利用組織培養方法提高茄子種子發芽率的可行性，期望建立一套提高茄子種子發芽率的處理方法，確保珍貴茄子種原的永續利用。

## 材料與方法

茄子材料：種原庫暫時碼 2023A00487 號，該茄子種原以紙間法播種 (50 粒/重複，共 2 重複) 3 wk 後之發芽率為 1.0 ± 1.4%。

種子發芽流程：種子表面以酒精快速浸泡 30–60 s 後，移入 0.6% 次氯酸鈉水溶液以 140 rpm 震盪 18 min，再以無菌水以相同震盪轉速漂洗 3 次，每次 5 min。將滅菌後之種子置入無菌水中，於 27℃黑暗環境中以 80 rpm 震盪浸種 16 h。將完成浸種之種子以紙上法播種，流程為於 9 cm 玻璃培養皿中置入 2 張 1 號濾紙 (Advantec, Tokyo, Japan) 並以 3.5 mL 無菌水潤濕，將 25 粒種子置於濾紙上，以保鮮膜封口培養皿後放入保鮮盒後加蓋，置於溫度設定為 30℃ (16 h)/20℃ (8 h) 生長箱中進行暗培養。種子發芽之定義為胚根突破種皮 2 mm 以上，播種後每週調查發芽率 (發芽種子數/播種種子數) × 100%；發芽速度為累加 (每日發芽種子數/計算當日之天數)。下列試驗除另行描述之處理條件外，皆依上述種子發芽流程進行。

發芽小苗種植與植株生長調查：種子發芽後將小苗移植至 104 格穴盤，栽植 1 mo 後移植至 9 cm 盆，於 9 cm 盆種植 1.5 mo 後移植至 18 cm 盆，種植 3 mo 後移植至 27 cm 盆。介質配方均為培養土 (BVB Substrates, De Lier, The Netherlands)：珍珠石 (南海 3 號，南海園藝有限公司，臺灣新北市)：蛭石 (南海 3 號，南海園藝有限公司，臺灣新北市) = 3 : 1 : 1 (v/v/v)。於播種後 6 mo 後以捲尺測量株高與葉長，並於 1 mo 後再測量 1 次。

### 試驗 1

溫湯處理、浸種時間與培養溫度試驗：將種子以次氯酸水溶液消毒後，在無菌水第 3 次清洗時以 55℃或常溫 (對照組) 無菌水以磁石攪拌 15 min，完成後於 27℃黑暗環境中以無菌水浸種，並以 80 rpm 分別震盪 8、16 或 24 h，其中 24 h 浸種處理於浸泡 16 h 後換水 1 次。完成浸種之種子以紙上法播種，分別置於 27℃恆溫與 30℃ (16 h)/20℃ (8 h) 變溫培養，其他步驟同上述種子發芽流程。每一培養皿播種 25 粒種子為 1 重複，每一處理共 3 重複。每日調查種子發芽情形，調查期間為 2 wk。

### 試驗 2

MS 培養基與 $GA_3$ 濃度試驗：將上述試驗 1 中恆溫或變溫處理培養 2 wk 後未發芽種子平均分配至含不同濃度 $GA_3$ (gibberellic acid, Sigma, USA) 培養基中，並以原來相同之溫度條件培養。培養基組成為含有 30 g $L^{-1}$ 蔗糖與 8.5 g $L^{-1}$ 洋菜之 1/2 倍 MS 基礎鹽類配方 (Murashige and Skoog Basal Medium with Vitamins, No. M519, PhytoTech Labs, Lenexa, KS, USA)，上述組成以下簡稱 1/2 MS 發芽培養基，並分別添加 0、25、50、100 及 200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 共 5 種濃度。每個 9 cm 培養皿中裝 25 mL 培養基，每皿接種 15 粒種子為 1 重複，每一處理共 6 重複。每週調查種子發芽情形，調查期間為 4 wk。

### 試驗 3

MS 基本鹽類濃度與 $GA_3$ 濃度組合試驗：將浸種 16 h 後之種子以紙上法播種，每一培養皿加入 3.5 mL 培養液，培養液組成分別為 0、1/2 及 1 倍濃度之 MS 鹽類配方與 0、50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 組合之 6 個處理，每皿播種 30 粒種子為 1 重複，每一處理共 3 重複。

### 統計分析

本研究採用完全逢機設計 (completely randomized design; CRD) 進行試驗，試驗所得資料若為百分率，則先經角度轉換後再進行分析。經 SAS 套裝軟體 7.1 套裝統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，若處理間差異顯著 ($P < 0.05$)，則以最小顯著差異性測

驗 (least significant difference test; LSD test) 比較各處理平均值間之差異。

## 結果

### 試驗 1

溫湯處理、浸種時間與培養溫度試驗：本試驗探討溫湯處理、浸種時間及培養溫度 3 種處理對茄子種子發芽的影響，結果顯示種子在播種 2 wk 後，以浸種時間明顯影響發芽率 ($P < 0.01$) 與發芽速度 ($P < 0.05$)，兩兩因子或 3 個因子間的交感作用皆無顯著影響 (表 1)。從個別處理來看，以未經溫湯處理與浸種 16 h 並變溫培養之種子有最高發芽率為 4.0%。發芽速度則以經溫湯處理與浸種 16 h 並變溫培養種子之 0.59 粒/日最高。3 種處理中僅浸種時間對發芽率與發芽速度具顯著影響，浸種時間太短 (8 h) 或過長 (24 h)，發芽率皆降低，適當之浸種時間 (16 h) 配合變溫培養具有提高發芽速度與發芽率的效果。整體而言，種子發芽率仍偏低 (0.0–4.0%) 且發芽速度緩慢 (0.00–0.59 粒/日)。

### 試驗 2

1/2 MS 培養基與 $GA_3$ 濃度試驗：因試驗 1 中以紙上法進行發芽之種子發芽率整體偏低 (最高為 4%)，因此將試驗 1 中恆溫或變溫處理培養 2 wk 後仍未發芽之種子分別合併後，平均分種於添加 0–200 mg $L^{-1}$ 不同濃度 $GA_3$ 之 1/2 MS 發芽培養基中，並以原培養溫度條件繼續培養，結果顯示在培養 1 wk 後，10 個組合處理中除低濃度 $GA_3$ (0 與 25 mg $L^{-1}$) 配

**表 1.** 茄子種原以溫湯、浸種時間及不同培養溫度處理之發芽情形。

**Table 1.** Germination of eggplant seeds treated with hot water dipping, soaking duration and culture temperature treatments.

| Hot water | Soaking (h) | Culturing temperature | Germination rate (%) after weeks of sowing | | Speed of germination[z] (No. seed $d^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1st | 2nd | |
| No | 8 | constant[y] | 0.0 ± 0.0 a[x] | 0.0 ± 0.0 b | 0.00 ± 0.00 a |
| No | 8 | variable | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 b | 0.00 ± 0.00 a |
| Yes | 8 | constant | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 b | 0.00 ± 0.00 a |
| Yes | 8 | variable | 1.3 ± 2.3 a | 2.7 ± 2.3 ab | 0.46 ± 0.49 a |
| No | 16 | constant | 0.0 ± 0.0 a | 2.7 ± 2.3 ab | 0.29 ± 0.27 a |
| No | 16 | variable | 1.3 ± 2.3 a | 4.0 ± 4.0 a | 0.54 ± 0.67 a |
| Yes | 16 | constant | 0.0 ± 0.0 a | 1.3 ± 2.3 ab | 0.18 ± 0.31 a |
| Yes | 16 | variable | 2.7 ± 4.6 a | 2.7 ± 4.6 ab | 0.59 ± 1.00 a |
| No | 24 | constant | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 b | 0.00 ± 0.00 a |
| No | 24 | variable | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 b | 0.00 ± 0.00 a |
| Yes | 24 | constant | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 b | 0.00 ± 0.00 a |
| Yes | 24 | variable | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 b | 0.00 ± 0.00 a |
| Soaking duration (S) | | | ns[w] | ** | * |
| Hot water (H) | | | ns | ns | ns |
| Culturing temp. (T) | | | ns | ns | ns |
| S × H, S × T, H × T, S × H × T | | | ns | ns | ns |

[z] Speed of germination was summation of no. germinated seeds/days for germination.
[y] Constant temperature treatment was 27℃. Variable temperature treatment was 30℃ (16 h) /20℃ (8 h).
[x] Each data was mean ± *SD* of 3 replications; each replicate contained 25 seeds. Percentage data were logarithmic transformed prior to analysis. Means ± *SD* within each column with different letter are significantly different by least significant difference test (LSD test) at 5% level.
[w] Significance was determined by analysis of variance (ANOVA). ns, *, ** indicated non-significant, significant at 5% or 1% level, respectively.

合恆溫培養仍未有種子發芽外，其他各處理 (變溫培養或濃度高於 25 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理) 皆有種子發芽，發芽率 2.1–9.4%，發芽率與試驗 1 相較明顯增加，顯示試驗 2 使用之 1/2 MS 發芽培養基與試驗 1 之無菌水相較，有助提高發芽率 (表 2)。因部分種子於 1/2 MS 發芽培養基中遭到汙染，導致某些處理之重複數減少，其中 0 mg $L^{-1}$ $GA_3$、恆溫培養組合處理僅剩 1 重複，無法進行處理間之比較，因此僅就濃度 25–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理進行 ANOVA 分析，結果顯示 $GA_3$ 與培養溫度以及兩因子間的交感作用，在 1/2 MS 發芽培養基中的前 3 wk 皆顯示影響不顯著，但培養 4 wk 後 $GA_3$ 與培養溫度兩因子皆顯示具有顯著影響 ($P < 0.05$)，但兩因子間的交感仍為不顯著。比較 $GA_3$ 濃度處理影響，結果顯示 100 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理在培養 3 wk 後，發芽率較其他 $GA_3$ 濃度處理為高，其中又以變溫組合處理最高，在培養期間 (4 wk) 發芽率可持續增加至 31.3%。比較恆溫與變溫 2 種溫度處理，顯示恆溫處理在培養 2 wk 後，在 0–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理之發芽率皆未再增加，但在變溫處理則顯示 100–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理在 4 wk 培養期間發芽率持續增加 (表 2)。綜上結果推測 1/2 MS 發芽培養基、變溫培養與適當濃度之 $GA_3$ (100 mg $L^{-1}$) 皆有助提高種子發芽率。

上述處理之發芽小苗移至穴盤種植 1 mo 後更換至 9 cm 盆，觀察植株生長情形，由於試驗 2 部分處理有種子汙染問題，加上某些處理之發芽數偏低，導致特定處理之植株數太少或不等，難以進行統計分析，但植株生長調查主要在了解 $GA_3$ 處理對於後續植株生長之影響 (表 3)。結果顯示在 9 cm 盆階段可觀察到部分源自 25–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理小苗較源自 0 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理 (對照組) 之小苗株高為長，其中又以源自 200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理之小苗其子葉與本葉間之莖長明顯較其他處理之幼苗為長 (圖 1)，顯示種子以較高濃度 $GA_3$ 處理後對種子苗之莖長發育有促進作用；小苗在栽培 6–7 mo 後調查 5 種濃度 $GA_3$ 處理植株之株高與葉長，結果顯示以 100–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理較其他處理為矮；葉長方面，小苗栽培 6

**表 2.** 以紙上法播種 2 wk 後未發芽之茄子種子續以添加不同 $GA_3$ 濃度之 1/2 MS 培養基培養 4 wk 之發芽情形。

**Table 2.** Germination rate of the ungerminated eggplant seeds[z] which were 2 wk after sowing using the paper method, and then followed by subculturing into 1/2 MS medium[y] with various $GA_3$ concentrations for 4 wk[z].

| | | Germination rate (%) after weeks of culturing in medium[z] | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $GA_3$ (mg $L^{-1}$) | Culturing temperature[y] | $2^{x}$ + 1st | 2 + 2nd | 2 + 3rd | 2 + 4th |
| 0 | Constant | 0.0 ± 0.0 | 12.5 ± 0.0 | 12.5 ± 0.0 | 12.5 ± 0.0 |
| 0 | Variable | 4.7 ± 9.4 | 7.8 ± 7.9 | 7.8 ± 7.9 | 7.8 ± 7.9 |
| 25 | Constant | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 b | 0.0 ± 0.0 b | 0.0 ± 0.0 b |
| 25 | Variable | 2.4 ± 3.3 a | 3.7 ± 5.6 b | 4.9 ± 8.1 b | 4.9 ± 8.1 b |
| 50 | Constant | 2.1 ± 3.2 a | 3.1 ± 5.2 b | 3.1 ± 5.2 b | 3.1 ± 5.2 b |
| 50 | Variable | 3.1 ± 3.6 a | 6.3 ± 7.2 ab | 7.8 ± 9.4 b | 7.8 ± 9.4 b |
| 100 | Constant | 6.3 ± 6.3 a | 10.4 ± 9.5 ab | 10.4 ± 9.5 ab | 10.4 ± 9.5 ab |
| 100 | Variable | 9.4 ± 13.3 a | 18.8 ± 8.8 a | 25.0 ± 8.8 a | 31.3 ± 8.8 a |
| 200 | Constant | 3.1 ± 6.3 a | 3.1 ± 6.3 b | 3.1 ± 6.3 b | 3.1 ± 6.3 b |
| 200 | Variable | 3.2 ± 3.7 a | 4.8 ± 6.0 ab | 4.8 ± 6.0 b | 8.0 ± 9.5 b |
| $GA_3$ (G) | | ns[w] | ns | ns | * |
| Culturing temperature (T) | | ns | ns | ns | * |
| G × T | | ns | ns | ns | ns |

[z] Medium containing 1/2 MS salts, 30 g $L^{-1}$ sucrose and 8.5 g $L^{-1}$ agar.
[y] Culture temperature treatments were the same as the first seed sowing experiment.
[x] Eggplant seeds were the ungerminated seeds derived from the first seed sowing experiment after 2-wk-culturing.
[w] Significance was determined by analysis of variance (ANOVA). ns, *, ** indicated non-significant, significant at 5% or 1% level, respectively.

mo 後在 14.8–17.8 cm 間，栽培 7 mo 後葉長在 17.0–22.1 cm 之間，$GA_3$ 不同濃度處理間並未有明顯差異 (圖 2)。上述結果顯示高濃度 100–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理在小苗階段有促進節間伸長之效果，但對植株長期生長後之株高可能有負面影響。

## 試驗 3

MS 濃度與 $GA_3$ 濃度組合試驗：由試驗 2 結果顯示 1/2 MS 鹽類配方作為培養液有助提高發芽率，本研究進一步測試 0、1/2 及 1 倍濃度 MS 鹽類配方作為培養液並分別添加 0 與 50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 共 6 種處理對種子發芽之影響。結果顯示 MS 濃度與 $GA_3$ 兩因子與兩因子間

**表 3.** 以不同 $GA_3$ 濃度處理之茄子種子之發芽小苗後續植株生長情形。

**Table 3.** Plant growth of the germinated seedlings of eggplant derived from seeds treated with different $GA_3$ concentrations.

| | Plant height (cm) | | Leaf length (cm) | |
|---|---|---|---|---|
| $GA_3$ (mg $L^{-1}$) | 6 mo | 7 mo | 6 mo | 7 mo |
| 0 | 72.2 ± 14.0 | 87.4 ± 16.1 | 14.8 ± 1.4 | 20.3 ± 2.9 |
| 25 | 79.6 ± 2.5 | 89.9 ± 6.4 | 17.8 ± 3.3 | 19.0 ± 3.0 |
| 50 | 75.5 ± 0.0 | 87.2 ± 0.0 | 15.5 ± 0.0 | 17.0 ± 0.0 |
| 100 | 65.4 ± 10.2 | 75.7 ± 7.6 | 16.5 ± 2.8 | 22.1 ± 2.3 |
| 200 | 70.3 ± 0.0 | 71.3 ± 0.0 | 15.6 ± 0.0 | 20.0 ± 0.0 |




**圖 1.** 以不同濃度 $GA_3$ (mg $L^{-1}$) 處理之發芽種子移種於溫室栽植 1 mo 之生長情形。

**Fig. 1.** The growth of germinated seeds treated with $GA_3$ at different concentrations (mg $L^{-1}$), after being cultivated in the greenhouse for 1 mo. Bar = 5 cm.

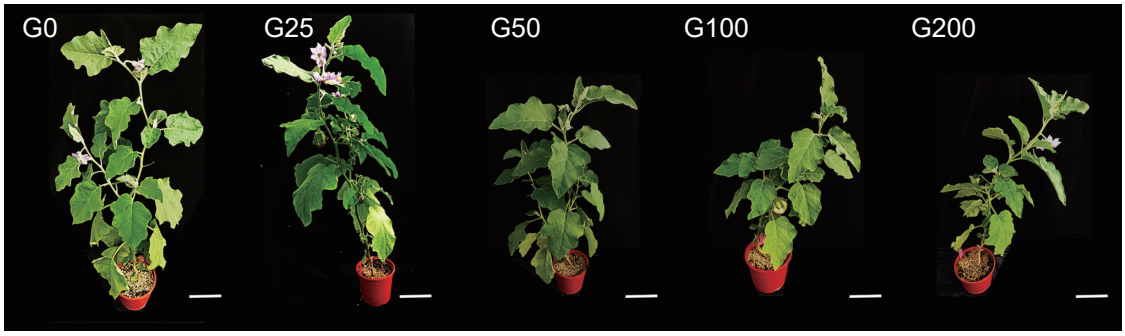



**圖 2.** 以 5 種濃度 $GA_3$ (mg $L^{-1}$) 培養基處理之茄子種子在發芽 7 mo 後植株生長情形。

**Fig. 2.** Plant growth of eggplant derived from seeds treated with five concentrations of $GA_3$ (mg $L^{-1}$) in germination medium and then transplanted for 7 mo after germination. Bar = 20 cm.

的交感作用，對第一粒種子發芽所需時間的影響皆不顯著，6 個組合處理之第一粒種子發芽所需時間在 6.0–7.3 d 間，MS 濃度與 $GA_3$ 濃度處理未明顯縮短發芽時間 (表 4)。MS 濃度與 $GA_3$ 濃度兩因子與兩因子間的交感作用在 1–7 wk 培養期間皆顯示對種子發芽率的影響不顯著，在相同培養時間下各處理間的發芽率均顯示無明顯差異。以播種後第 3 週來看 MS 濃度的影響，發芽率最低為無菌水處理，其次為 1.0 倍 MS，以 0.5 倍 MS 為最佳；以 $GA_3$ 處理的影響來看，無菌水添加 50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 有助提高發芽率，在 1/2 MS 添加 $GA_3$ 對發芽率的影響差異不大，但在 1.0 倍 MS 處理中添加 $GA_3$ 則導致發芽率降低，但此一情形隨著培養時間增加逐漸改善。因為各處理內之標準偏差較高，上述處理間的比較在統計上並未有明顯差異，但各處理之平均值的變動仍可作為改進之參考。

由於種子發芽率調查係根據胚根突出種皮 2 mm 長度作為判斷依據，但對發芽率低下的種子而言，在胚根長出後其地上部芽體的生長亦同樣面臨障礙。本試驗於種子播種 3 wk 後開始調查已發芽種子 (胚根突出種皮 2 mm) 其地上部芽體發育之情形 (表 5)。結果顯示 MS 處理在播種培養 3–7 wk 影響不顯著，但至第 8 週時則顯示影響顯著 ($P < 0.05$)。$GA_3$ 處理在第 5–6 週時即顯示影響顯著 ($P < 0.05$)，兩因子之交感作用在培養期間皆顯示為不顯著。雖然 MS 濃度與 $GA_3$ 處理在調查種子之發芽率影響不顯著 (表 4)，但持續觀察發根種子其地上部之生長，以成苗率表示於表 5，結果顯示適當之 MS 濃度 (0.5 倍) 以及 50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 添加可提高種子之成苗率，亦即 MS 與 $GA_3$ 處理對種子發芽之影響主要在地上部芽體的生長，而非胚根的突出種皮。整體而言，以 0.5 倍 MS 無論有無添加 $GA_3$ 處理皆有較高比例之種子發芽率及幼苗發育率，$GA_3$ 對於無菌水或全量 MS 處理之種子地上部芽體生長具有提升之效果，但在統計上多未有明顯差異。

## 討論

本研究以種原庫發芽率 (1%) 低下之茄子種原為材料，探討提高發芽率之可行方法。在試驗 1 中測試溫湯處理、浸種時間與培養溫度 3 個處理，結果顯示僅浸種時間顯著提高發芽率與發芽速度，且其影響在播種後 2 wk 即快速顯現 (表 1)。浸種是最簡單、經濟且環境友善的種子處理，經過適當水溫與浸泡時間處理的種子逐漸恢復至較佳的水分狀態，種子內部各種生理機能得以活化，並對外界環境產生反應能力，從而提高種子的發芽率，對不同種的植物而言，如何達到種子最佳發芽狀態，浸種條件扮演重要之關鍵角色 (Dürr *et al*. 2015)。Adhikari *et al*. (2021) 將苦瓜種子浸種 6–48 h，種子含水率隨浸種時間延長而逐漸提高，以 48 h 浸種有最高之含水率，同時也具有最高發芽率與生長勢。在本研究中浸種使用 8、16 及 24 h，3 個浸種時間中以 16 h 之發芽率最高，推測浸種 8 h 有可能仍不足以軟化種皮促進水分的吸收，但浸種 24 h 則可能因浸泡時間過長而對種子產生不良影響，如缺氧、發霉或營養流失等不利發芽之情形。溫湯處理 (55℃，15 min) 在本研究中對種子發芽之直接影響雖不顯著，但結果亦顯示在浸種時間不足時 (如 8 h)，施用溫湯處理配合變溫處理對提升種子發芽率仍有幫助 (表 1)。

茄子為源自熱帶的作物，發芽溫度介於 20–30℃，最適發芽溫度在 24–29℃，因種子具休眠性，發芽緩慢不整齊，一般將其歸類為低發芽率物種 (Chen & Li 1996)。Botey *et al*. (2022) 以同屬熱帶之非洲茄子 (*S. aethiopicum*) 進行 15–35℃發芽溫度試驗，結果顯示以 20℃ (發芽率 74%) 或 25℃ (發芽率 76%) 最佳，低於 15℃或高於 30℃發芽率皆降低，但若以 30/20℃變溫處理配合 8 h 光照/16 h 暗處理，則有最高發芽率 (76–95%) 與最短發芽時間 (4–5 d)，顯示變溫處理有助種子發芽率提升。本研究之結果亦顯示變溫處理較 27℃恆溫培養有助提高發芽率，雖然在試驗 1 中培養 2 wk 時並未呈現顯著影響，但在試驗 2 中持續培養至第 6 週 (2 + 4 wk) 時，則顯示溫度處理對發芽率具顯著影響，表 2 中除 0 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 外，其他 $GA_3$ 濃度皆以變溫處理較恆溫處理有利於發芽，推測培養溫度較浸種影響為慢的原因，可能與 27℃恆溫培養亦為茄子之發芽適

表 4. 播種培養液中 MS 鹽類與 $GA_3$ 濃度對茄子種子發芽之影響。

**Table 4.** Effects of the strength of MS salts and $GA_3$ concentration in sowing culture medium on germination of eggplant seeds.

| MS strength | $GA_3$ (mg $L^{-1}$) | Days of 1st seed germinated | Germination (%) after weeks of sowing | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1st | 2nd | 3rd | 4th | 5th | 6th | 7th |
| 0 | 0 | 6.3 ± 0.6 a[z] | 4.4 ± 1.9 a | 6.7 ± 5.8 a | 7.8 ± 5.1 a | 8.9 ± 5.1 a | 12.2 ± 5.1 a[z] | 14.4 ± 6.9 a | 15.6 ± 7.7 a |
| 0 | 50 | 7.3 ± 2.3 a | 6.7 ± 6.7 a | 8.9 ± 3.8 a | 11.1 ± 7.7 a | 16.7 ± 3.3 a | 22.2 ± 1.9 a | 25.6 ± 1.9 a | 25.6 ± 1.9 a |
| 1/2 | 0 | 6.0 ± 0.0 a | 8.9 ± 3.8 a | 10.0 ± 3.3 a | 16.7 ± 6.7 a | 20.0 ± 8.8 a | 24.4 ± 6.9 a | 28.9 ± 10.7 a | 31.1 ± 10.2 a |
| 1/2 | 50 | 6.3 ± 0.6 a | 10.0 ± 6.7 a | 11.1 ± 8.3 a | 15.6 ± 10.2 a | 17.8 ± 13.9 a | 24.4 ± 13.9 a | 25.6 ± 12.6 a | 27.8 ± 13.9 a |
| 1 | 0 | 6.0 ± 0.0 a | 7.8 ± 1.9 a | 14.4 ± 8.4 a | 16.7 ± 8.8 a | 16.7 ± 8.9 a | 22.2 ± 12.6 a | 22.2 ± 12.6 a | 23.3 ± 12.0 a |
| 1 | 50 | 6.0 ± 0.0 a | 4.4 ± 1.9 a | 7.8 ± 1.9 a | 11.1 ± 1.9 a | 17.8 ± 1.9 a | 23.3 ± 3.3 a | 23.3 ± 3.3 a | 24.4 ± 1.9 a |
| MS | ns[y] | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| $GA_3$ | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| MS × $GA_3$ | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

[z] Each data was mean ± *SD* of 3 replications; each replicate contained 30 seeds. Percentage data were logarithmic transformed prior to analysis. Means ± *SD* within each column with different letters are significantly different by least significant difference test (LSD test) at 5% level.
[y] Significance was determined by analysis of variance (ANOVA), ns indicated non-significant at 5% level.

表 5. MS 鹽類濃度與 $GA_3$ 濃度對已發芽茄子種子地上部形成之影響。

**Table 5.** Effects of the MS salt strength and $GA_3$ concentration on the shoot formation of germinated eggplant seeds.

| Treatment | | Shoots formation rate (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MS salt (strength) | $GA_3$ (mg $L^{-1}$) | 3rd[z] | 4th | 5th | 6th | 7th | 8th |
| 0 | 0 | 1.1 ± 1.9 ab[y] | 2.2 ± 3.8 ab | 2.2 ± 3.8 b | 4.4 ± 7.7 bc | 4.4 ± 7.7 bc | 5.6 ± 9.6 bc |
| 0 | 50 | 3.3 ± 3.3 ab | 8.9 ± 5.1 a | 11.1 ± 8.4 a | 13.3 ± 8.8 ab | 13.3 ± 8.8 abc | 14.4 ± 7.7 ab |
| 1/2 | 0 | 5.6 ± 6.9 ab | 8.9 ± 6.9 a | 13.3 ± 3.3 a | 15.6 ± 3.8 a | 17.8 ± 3.8 a | 17.8 ± 3.8 a |
| 1/2 | 50 | 4.4 ± 1.9 a | 7.8 ± 5.1 ab | 11.1 ± 5.1 a | 12.2 ± 5.1 ab | 14.4 ± 6.9 ab | 16.7 ± 3.3 a |
| 1 | 0 | 0.0 ± 0.0 b | 1.1 ± 1.9 b | 2.2 ± 3.8 b | 2.2 ± 3.8 c | 3.3 ± 5.8 c | 3.3 ± 5.8 c |
| 1 | 50 | 2.2 ± 1.9 ab | 4.4 ± 5.1 ab | 8.9 ± 6.9 ab | 8.9 ± 6.9 abc | 8.9 ± 6.9 abc | 8.9 ± 6.9 abc |
| MS | | ns[x] | ns | ns | ns | ns | * |
| $GA_3$ | | ns | ns | * | * | ns | ns |
| MS × $GA_3$ | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

[z] Weeks after sowing.
[y] Each data was mean ± *SD* of 3 replications; each replicate contained 30 seeds. Percentage data were logarithmic transformed prior to analysis. Means ± *SD* within each column with different letters are significantly different by least significant difference test (LSD test) at 5% level.
[x] Significance was determined by analysis of variance (ANOVA), ns and * indicated non-significant or significant at 5% level, respectively.

溫，因兩處理間的差異相對較小，可能需較長時間後方能呈現出兩者間之差異 (表 2)。

試驗 2 與試驗 1 最大之差異除 $GA_3$ 外，為試驗 2 採用組織培養之培養基代替無菌水作為培養介質，在培養 2 wk 後，使用 1/2 MS 發芽培養基 2 wk 後之發芽率在 10.0–11.1% (表 4)，與表 1 中使用無菌水之發芽率 0–4% 相比，發芽率提高具有普遍性，且在未添加 $GA_3$ 之 1/2 MS 發芽培養基 (恆溫培養) 培養 2 wk 之發芽率亦可達 12.5%，推測與使用 1/2 MS 發芽培養基有關 (表 2)。一般為提高種子發芽率常以含有氮、磷、鉀或微量元素之化學物質進行種子滲調處理 (Salles *et al*. 2019; Hosseinifarahi 2022)。推測本研究試驗 2 與 3 中使用之 1/2 MS 培養基中含有之各種鹽類與維生素提供種子相似於上述滲調化學物之效果；此外，種子發芽介質的物理性質亦為影響發芽之重要因子，介質之保水性、通氣、排水性及離子交換性皆為影響種子發芽之因子 (Lamichhane *et al*. 2018)，本研究中使用組織培養之洋菜培養基與紙上法使用之純水相較，推測前者具有更好的物理或化學基質 (matrix) 特性是較水更佳的發芽介質。

Gisbert *et al*. (2011) 為提高茄子 (*S. melongena*) 與茄子相關種原 *S. macrocarpon*、*S. aethiopicum* 及 *S. incanum* 之發芽率，將種子消毒後培養於培養基，發現以組織培養方式培養之種子發芽率明顯高於紙上法 (增加 2.44 倍)，而且若於培養基中添加 1 mg $L^{-1}$ $GA_3$，除可提高發芽率 (2.95 倍) 外，並可縮短發芽時間。本研究在試驗 2 的 1/2 MS 發芽培養基 (0 mg $L^{-1}$ $GA_3$) 中最高發芽率為 12.5% (表 2)，與本研究在試驗 1 中使用紙上法最佳之發芽率 4% 相較 (表 1)，增加 3.13 倍，而在 1/2MS 發芽培養基中添加 100 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 培養基培養 3 wk 之最佳發芽率為 25.0%，增加 6.25 倍。種子老化是影響種子萌發的一個因素，隨著種子齡增加，種子發芽率隨之下降，Demir *et al*. (1994) 的研究顯示 $GA_3$ 處理對老化種子之發芽有促進作用。Demir *et al*. (1994) 對儲藏 2 年與 5 年茄子種子以 10、50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 進行 6 h 浸泡處理，結果顯示 $GA_3$ 處理對 5 年齡種子發芽率提升較 2 年齡種子更為明顯，但 $GA_3$ 對後續地上部芽體、根生長及小苗乾種皆無影響。

$GA_3$ 被認為在種子發芽過程中可誘導軟化胚乳之酵素合成，有利細胞伸長與小苗生長；在 Neto *et al*. (2017) 研究顯示茄子種子以 750 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 經 12 h 浸泡處理在 30 d 後調查小苗株高，結果顯示處理組株高明顯較未施用 $GA_3$ 之對照株為高，但在施用 45 d 後調查則不再有差異。在本研究中於 9 cm 盆階段可觀察到 200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理小苗之節間明顯較長 (圖 1)，此一結果與 Neto *et al*. (2017) 之觀察相似，但本研究在栽培 6–7 mo 後顯示以 100–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 處理之株高較其他處理為矮 (表 3)，此一結果則以 Neto *et al*. (2017) 之觀察相異，推測本研究雖然使用之 $GA_3$ 濃度較 Neto *et al*. (2017) 使用之濃度為低，但 Neto *et al*. (2017) $GA_3$ 處理為 12 h，與本研究添加 $GA_3$ 於培養基中處理時間為 4 wk 相較明顯較短有關。

為降低種子因消毒不完全導致汙染而影響發芽，試驗 3 以不含蔗糖與洋菜之 MS 培養液代替試驗 2 中之固態培養基，並分別添加 0 或 50 mg $L^{-1}$ $GA_3$，結果顯示雖然 MS 與 $GA_3$ 兩因子在 1–8 wk 期間對調查胚根突出之發芽率影響不顯著 (表 4)，但若持續觀察地上部芽體之生長，亦即以成苗率來看 (表 5)，則可觀察到 $GA_3$ 處理在培養第 5–6 週時呈現顯著影響 ($P < 0.05$)，MS 濃度的影響則在培養 8 wk 後呈現顯著影響 ($P < 0.05$)，顯示兩者皆對成苗率皆有顯著影響。以適當 MS 濃度 (0.5 倍) 培養時，無論有無添加 $GA_3$ 成苗率皆較高，但若培養液不適當時 (0 或 1.0 倍 MS)，則 50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ 添加對種子之地上部芽體之生長有促進效果，但在統計上多未有顯著差異。

綜合本研究在茄子種原發芽試驗之結果，顯示浸種是最快速提高種子發芽的方法，浸種時間以 16 h 效果最佳，於 30℃ (16 h)/20℃ (8 h) 下使用添加蔗糖與洋菜之 1/2 MS 固態培養基 (1/2 MS 發芽培養基) 或只含 1/2 MS 基本鹽類之培養液皆可提高發芽率。利用組織培養方法可提供種子穩定之發芽環境，雖成本較高但對於發芽率偏低的珍貴種原而言，若無法順利進

行種原更新，同樣也要付出高成本。在本試驗中以紙間法發芽率為 1% 之種子，在經過一般物理方法 (溫湯與浸種) 提高發芽率無效後，再繼續移種 1/2MS 發芽培養基培養 3 wk 後，可獲得 25.0% 發芽率且仍持續發芽，應可作為挽救低發芽率珍貴種原之用。

## 誌謝

本研究承蒙農業部 113 農科–4.6.1–農–04 (3) 計畫經費支持，謹此致謝。

## 引用文獻

Adhikari, B., P. R. Dhital, S. Ranabhat, and H. Poudel. 2021. Effect of seed hydro-priming durations on germination and seedling growth of bitter gourd (*Momordica charantia*). PLoS ONE 16:e0255258. doi:10.1371/journal.pone.0255258

Botey, H. M., J. O. Ochuodho, L. Ngode, H. Dwamena, and I. Osei-Tutu. 2022. Temperature and light effects on germination behaviour of African eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) seeds. Indian J. Agric. Res. 56:122–128. doi:10.18805/IJARe.A-623

Chen, N. C. and H. M. Li. 1996. Cultivation and breeding of eggplant. p.1–26. *in*: Training Workshop on Vegetable Cultivation and Seed Production Technology. November 11–30, 1996. Shanhua, Tainan. Asian Vegetable Research and Development Center. Tainan, Taiwan.

Demir, I., S. Ellialtioglu, and R. Tipirdamaz. 1994. The effect of different priming treatments on reparability of aged eggplant seeds. Acta Hortic. 362:205–212. doi:10.17660/ActaHortic.1994.362.25

Desheva, G. 2016. The longevity of crop seeds stored under long-term condition in the National Gene Bank of Bulgaria. Agriculture 62:90–100. doi:10.1515/agri-2016-0010

Dürr, C., J. B. Dickie, X. Y. Yang, and H. W. Pritchard. 2015. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. Agric. For. Meteorol. 200:222–232. doi:10.1016/j.agrformet.2014.09.024

Gisbert, C., J. Prohens, and F. Nuez. 2011. Treatments for improving seed germination in eggplant and related species. Acta Hortic. 898:45–51. doi:10.17660/ActaHortic.2011.898.4

Hosseinifarahi, M., H. A. Moazen, A. Amiri, M. M. Jowkar, and J. Mottaghipisheh. 2022. Evaluation of seed priming and culture media to improve the germination performance and quality of sweet pepper and eggplant seedlings. Intl. J. Hortic. Sci. Technol. 9:415–428. doi:10.22059/ijhst.2021.321024.453

Lamichhane, J. R., P. Debaeke, C. Steinberg, M. P. You, M. J. Barbetti, and J. N. Aubertot. 2018. Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: A conceptual framework. Plant Soil 432(1–2):1–28. doi:10.1007/s11104-018-3780-9

Neto, F. J. D., S. J. Dalanhol, M. Machry, A. Pimentel Junior, J. D. Rodrigues, and E. O. Ono. 2017. Effects of plant growth regulators on eggplant seed germination and seedling growth. Aust. J. Crop Sci. 11:1277–1282. doi:10.21475/ajcs.17.11.10.pne542

Salles, J. S., A. H. F. de Lima, F. F. D. S. Binotti, E. Costa, E. D. C. Binotti, J. S. Salles, ⋯ A. F. G. O. de Souza. 2019. Calcium nitrate priming increases the germination rate of eggplant seeds. J. Agric. Sci. 11:181–186. doi: 10.5539/jas.v11n15p181

Yamasaki, F., E. Domon, N. Tomooka, A. Baba-Kasai, H. Nemoto, and K. Ebana. 2020. Thirty-year monitoring and statistical analysis of 50 species' germinability in genebank medium-term storage suggest specific characteristics in seed longevity. Seed Sci. Technol. 48:269–287. doi:10.15258/sst.2020.48.2.14

# Study on the Improvement of Seed Germination of Eggplant Germplasm

Chi-Ni Hsia[1], Hsin-Yi Tseng[2], Yi-Heng Tsai[3], Wei-Ting Tsai[4], Ching Chuang[5], and Shuen-Chi You[6,*]

## Abstract

Hsia, C. N., H. Y. Tseng, Y. H. Tsai, W. T. Tsai, C. Chuang, and S. C. You. 2025. Study on the improvement of seed germination of eggplant germplasm. J. Taiwan Agric. Res. 74(4):515–524.

Eggplant (*Solanum melongena* L.) is an important vegetable and a core collection of the National Plant Genetic Resources Center in Taiwan. Seeds of eggplant with a low germination rate (1%) in the seed bank stock were used in this study. Effects of immersion duration (8, 16, and 24 h), hot water treatment (55℃ for 15 min), and culture temperature (27℃ for 24 h, and 30℃ for 16 h/20℃ for 8 h) on seed germination were investigated utilizing the paper germination method. Results showed that among the three factors, only immersion duration significantly increased the seed germination 2 wk after sowing, and the highest germination rate of 4.0% was obtained with immersion for 16 h with variable temperature culture (30℃/20℃, 16 h/8 h). The above-mentioned ungerminated seeds 2 wk after sowing were transplanted into a 1/2 MS medium (Murashige and Skoog medium) supplemented with 0–200 mg $L^{-1}$ $GA_3$ and consistently cultured under the same temperature conditions, which were either constant 27℃ or variable temperature conditions. The results showed that 1/2 MS culture medium without $GA_3$ had a 12.5% germination rate after 3 wk of culture. Furthermore, an increased germination rate of 25.0% was achieved by combining 1/2 MS culture medium with 100 mg $L^{-1}$ $GA_3$ and cultured in variable temperature conditions. Treatments in combination with MS basal salt concentration (0, 1/2, and 1 strength) and $GA_3$ concentration (0 and 50 mg $L^{-1}$) in the sowing culture solution were tested successively. Although the results showed that the two factors had no significant effect on seed germination (based on radicle protrusion 2 mm), enhanced shoot germination rates were observed on the treatments with either 1/2 MS or 50 mg $L^{-1}$ $GA_3$ alone.

**Key words:** *Solanum melongena* L., Seed, Germination, Gibberellic acid, MS medium.

Received: June 23, 2025; Accepted: September 11, 2025.

* Corresponding author, e-mail: yousc_1@tari.gov.tw

[1] Research Fellow, Crop Genetic Resources and Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[2] Associate Research Fellow, Crop Genetic Resources and Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[3] Project Assistant, Crop Genetic Resources and Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[4] Contract Associate Research Fellow, Crop Genetic Resources and Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[5] Contract Assistant Research Fellow, Crop Genetic Resources and Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[6] Assistant Research Fellow, Crop Genetic Resources and Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.