

國產大豆不同品種發芽性質之研究¹

蘇致柔^{2*}、陳依純³

摘 要

大豆種子富含蛋白質、脂質、維生素與多種機能性成分，發芽過程中其小分子營養素與 γ -胺基丁酸含量顯著增加，提升其營養與功能價值。然而，不同品種的大豆在發芽特性與營養轉換上存在差異，影響其加工應用。本研究評估四種國產大豆品種之發芽特性、營養成分與 γ -胺基丁酸含量變化，以期找出適合製作發芽豆的大豆品種。結果顯示，大豆‘台中 1 號’在發芽 120 hr 時具有高發芽率(98%)、快速吸水能力(重量增加率 424%)及高生長速率(芽長 15.0 cm)，具有較佳發芽性質適合作為發芽豆品種。發芽過程中‘高雄選 10 號’、‘台南 10 號’及‘金珠’之粗蛋白質含量略增，而所有品種之粗脂肪含量皆無明顯變化($p>0.05$)， γ -胺基丁酸含量於 96 hr 時達最高，較未發芽前增加 6-13 倍。本研究建立國產大豆發芽性質與營養成分變化資料，提供發芽豆產品開發及產業應用之參考。

關鍵字：大豆、發芽、 γ -胺基丁酸

前 言

大豆(*Glycine max* (L.) Merrill)為豆科植物，原產於中國，為全球主要的作物之一，在食品、畜牧、工業上皆具有多元應用性，為全球重要經濟作物之一。此外，大豆含有約 40%蛋白質、20%脂質及維生素 B 群、維生素 E 及鈣、鐵、鎂、磷和鉀等礦物質，亦含有大豆異黃酮(Isoflavones)、皂素(Saponin)、卵磷脂(Lecithin)、植物固醇(Phytosterol)等機能性成分，具有豐富營養價值(Messina, 1999)。

發芽(Germination)是種子由休眠狀態恢復代謝活動並開始生長的一項複雜生理與生化過程，當大豆種子吸水後促使休眠解除並活化細胞代謝，引發多種酵素的合成與活化，包括蛋白酶、澱粉酶與脂解酶等水解酵素，可分解種子中儲存的養分，

¹農業部臺中區農業改良場第1112號研究報告。

²農業部臺中區農業改良場助理研究員。

³農業部臺中區農業改良場研究助理。

*通訊作者：蘇致柔，Email: chihjou@tcdares.gov.tw

釋放出胺基酸、糖類與脂肪酸等小分子，作為胚發育所需的能量與結構物質(Ali & Elozeiri, 2017)，並減少胰蛋白酶抑制劑(Trypsin inhibition)、植酸(Phytic acid)及寡糖等抗營養因子(Bau *et al.*, 1997 ; Ogunlakin *et al.*, 2015)。其中， γ -胺基丁酸(Gama-aminobutyric acid, GABA)為一種非蛋白質胺基酸，在動物神經系統中主要作為抑制性神經傳導的物質，在大豆發芽過程中可顯著提升其含量(Luo *et al.*, 2018)，GABA已被證實具有多種生理功效如改善睡眠、抗憂鬱、調節血壓等多種保健作用(Diana *et al.*, 2014)。

大豆發芽後不僅可直接作為豆芽(Sprout)食用，亦可加工製成發芽豆漿等產品，具備成長快速、可全年生產、營養價值高等特點。在東亞地區，豆芽是傳統飲食的一部分亦為市場上常見且受歡迎的蔬菜與食品原料之一。影響大豆發芽的因素眾多，包括大豆品種、種子活力、儲藏品質及發芽條件等，皆會影響發芽率、發芽速率及最終機能性成分的累積量(楊, 2015 ; Ghani *et al.*, 2016 ; Marcos-Filho, 2015)。其中，品種差異為影響發芽特性的主要因子之一，不同大豆品種在組成成分、酵素活性、營養累積與抗營養因子的降解速率上均有所差異，進而影響其最終的營養功能表現與加工適性(楊, 2000 ; Li *et al.*, 2025)。因此，發芽豆的生產宜選擇發芽率高、發芽速率快的品種，以提升生產效率並確保產品品質。國產大豆因儲運時間短、新鮮度高，普遍具有較佳的發芽表現，具有發展發芽豆產品的潛力。然而，目前對國內大豆品種進行系統性發芽特性與成分變化分析的研究仍有限，缺乏完整的比較數據與應用依據。

本研究所選用品種中‘高雄選 10 號’、‘台南 10 號’及‘金珠’為國內常見且廣泛種植之品種，而‘台中 1 號’則為本場育成之品種，旨在探討國產大豆不同品種的發芽特性，以篩選適合應用於發芽豆產品的品種，並分析發芽過程中營養成分及 GABA 含量的變化，以期找出最適合食品產業應用的發芽大豆品種，以提升生產效率並滿足市場對營養與功能性食品的需求。

材料與方法

一、試驗材料

使用國產大豆品種為‘高雄選 10 號’(KS10)·‘台中 1 號’(TC1)·‘台南 10 號’(TN10)·‘金珠’(JZ)，皆為 2022 年秋作採收之種子，由臺中區農業改良場提供。

二、發芽試驗

發芽試驗參考 Ma 等人(2022)之方法並加以修改，取 300 g 大豆種子於過濾水中浸

泡 6 hr 後，取出置於(20*16 cm)發芽盤中，於恆溫恆濕箱(GTH-072TR-SP，巨孚儀器工業有限公司)中以 25℃、相對濕度 75%避光環境中靜置，每 6 hr 澆水一次，多餘水分可由發芽盤底部排出，從浸水起開始計算，第 12、24、36、48、60、72、96、120 hr 隨機取樣測定其發芽性質，方法如下：

- (一)發芽率：以肉眼可見胚根突出種皮判斷為發芽，隨機取 100 顆大豆種子計算，發芽率(%)=發芽種子數量 / 取樣種子數量*100。
- (二)重量變化：取 100 顆大豆種子測量發芽前(W1)及發芽後之重量(W2)，重量變化(%)=(W2-W1) / W1*100。
- (三)芽長：取 20 顆發芽大豆種子測量其突出種皮之胚根及下胚軸長度(cm)，並取平均值。

三、組成成分分析

從浸水起開始計算時間，第 24、48、72、96、120 hr 隨機取樣 50 g 種子，使用冷凍乾燥機(FDU-1200，東京理化器械株式會社)乾燥後以小型粉碎機(RT-N01A，榮聰精密科技有限公司)粉碎處理，並通過 60 mesh 篩網，保存於-20℃中備用，測定組成成分含量。

- (一)粗蛋白質含量測定，秤取 0.2 g 樣品於玻璃瓶中，加入 4 mL 硫酸於加熱器上加熱 400℃約 2 hr，再加入 2 mL 過氧化氫反應至無色透明後取出放涼，以凱氏氮分析儀(KjeltecTM8400, Foss)測定，計算粗蛋白質含量，氮轉換係數為 5.71(Krul, 2019)，以乾基百分比表示。
- (二)粗脂肪含量測定，取 1 g 樣品放入圓筒濾紙中，其上塞脫脂棉，置於粗脂肪萃取機(Soxtec 2055 Manual extraction unit, Foss)中以正己烷萃取，經 110 min 萃取後，萃取杯取出於 95℃烘箱中烘乾，移至乾燥皿中冷卻後紀錄重量，計算粗脂肪含量，以乾基百分比表示。

四、GABA 含量測定

參考 Panrod 等人(2016)方法並加以修改，首先取 1 g 樣品粉末，加入 5 mL 80%甲醇超音波萃取 1 hr，重複 2 次，獲得樣品萃取液後進行衍生化反應，取 2 mL 樣品萃取液加入 1.2 mL 0.1 M 硼酸緩衝溶液(pH=8.0)及 2 mL 3% 2-hydroxy-1-naphthaldehyde (HN)，以 80℃水浴反應 10 分鐘，冷卻至室溫後，以甲醇定量至 10 mL，再以 0.22 µm 濾膜過濾。使用高效液相層析儀(Hitachi 5110 pump, 5260 auto sampler, 5420 UV-Vis detector, Hitachi)測定，分析條件：管柱為 Mightysil RP-18 GP 250-4.6 (5 µm)；移動相 62% (v/v)

甲醇溶液；流速 0.8 mL/min；溫度 30℃；檢測波長 330 nm；注入體積 20 μ L。以 GABA 標準品制訂標準曲線，計算出樣品中 GABA 含量，以 mg/100g 表示。

五、統計分析

所有試驗皆進行 3 重複，並採用 R 統計軟體(4.3.3)進行單因子變異數分析(One way ANOVA)及最小顯著差異性法(Fisher's protected least significant difference test, LSD test) 分析。

結果與討論

一、不同品種大豆之發芽性質

發芽是種子從休眠狀態轉變為幼苗的過程，是植物生命週期中的關鍵階段。發芽過程可以分為三個階段：吸水、種子活化和幼苗生長。首先，種子吸收周圍環境中的水分，使體積逐漸膨脹、種皮軟化，並開始生理反應。第二階段種子內部生理反應使酵素活化，開始分解儲藏的養分，供給胚的生長發育，同時種子的呼吸作用也顯著增強，為發芽提供了必要的能量。第三階段胚根突出表皮並大量吸水，胚芽生長形成幼苗(Ali & Elozeiri, 2017 ; Bewley *et al.*, 2013)。

(一)發芽率

大豆種子胚根突出種皮時視為發芽，本試驗大豆原料在發芽約 24 hr 時胚根突出種皮，發芽 36 hr 時胚根明顯伸長，至發芽 96 hr 時長出根毛(圖一)。其中以‘高雄選 10 號’及‘台中 1 號’發芽速率最快，發芽 24 hr 時發芽率皆超過 50%，‘金珠’最慢，而所有品種大豆至發芽 72 hr 以後發芽率無顯著變化。發芽率以‘高雄選 10 號’及‘台中 1 號’發芽率最高(98%)，其次依序為‘台南 10 號’(94%)、‘金珠’(81%) (圖二)。未發芽種子至發芽 36-48 hr 時開始產生異味、發臭，之後逐漸腐爛並影響其餘發芽種子生長。

(二)重量變化

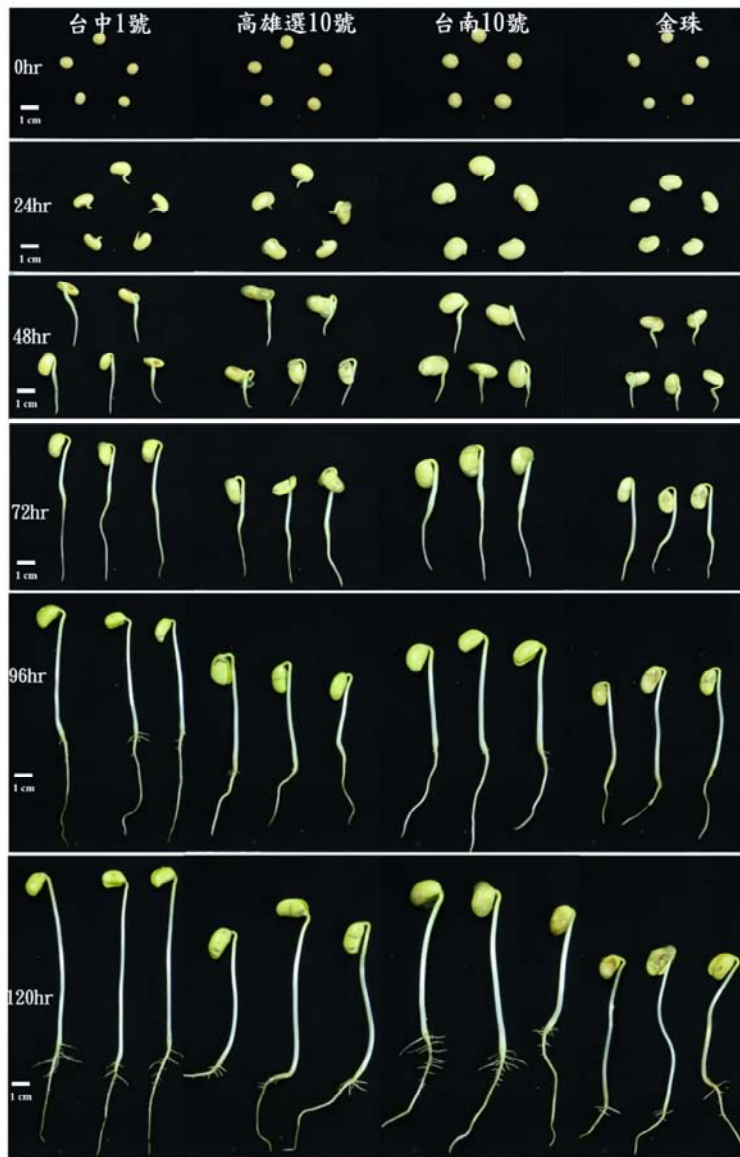
重量變化可表示種子吸水的速率，其中以‘台中 1 號’具有最佳吸水速率，發芽 120 hr 時重量變為原本的 424%，其次為‘台南 10 號’(348%)，‘高雄選 10 號’及‘金珠’吸水速率較差(302-312%) (圖三)。

(三)芽長

芽長可表示種子的生長速率，發芽 120 hr 時以‘台中 1 號’具有最長芽長(15.0 cm)，其次為‘台南 10 號’及‘高雄選 10 號’(12.0-13.4 cm)，最差為‘金珠’(10.1 cm) (圖四)。

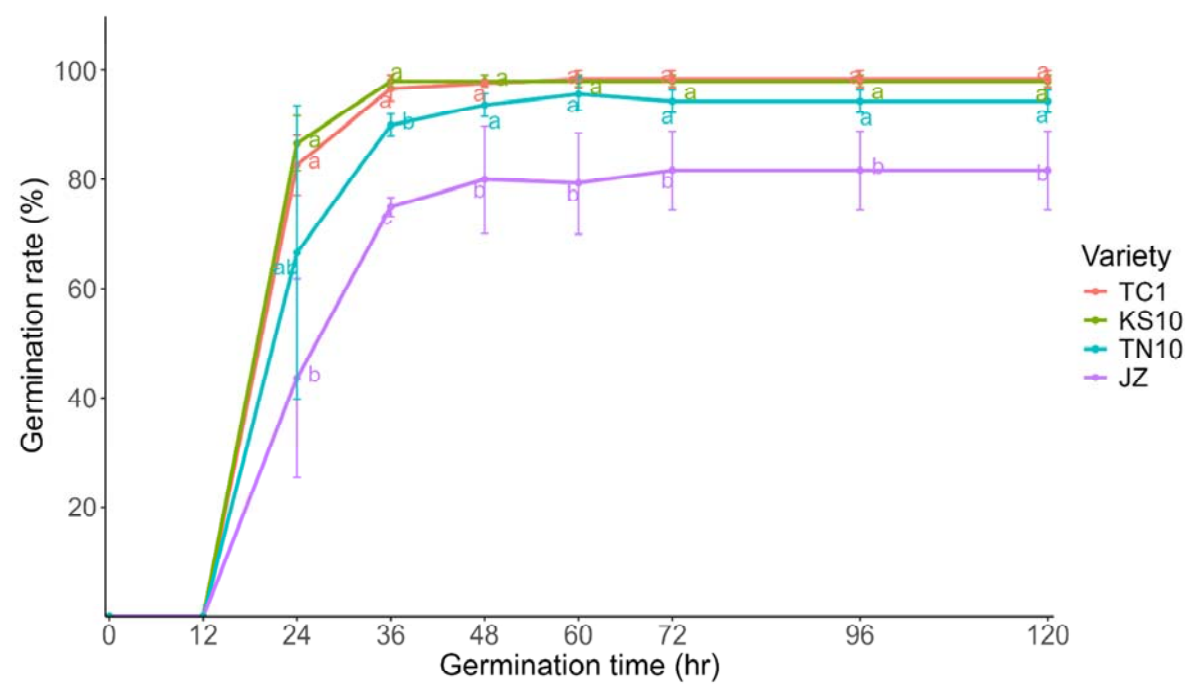
Ghani 等人(2016)發現適合生產豆芽的大豆品種通常具有百粒重低、收穫後發芽率

高、種子活力強、下胚軸長且顏色明亮、子葉為黃色及芽產量高等特性，綜上所述，大豆‘台中1號’在發芽120 hr時具有高發芽率(98%)、快速吸水能力(重量增加率424%)及高生長速率(芽長15.0 cm)，具有較佳發芽性質適合作為發芽豆品種。此外，除了品種造成的差異外，種子活力會因生產環境、採收方式、儲藏時間及儲藏環境等因素導致有所差異(Shelar *et al.*, 2008)，不同生產環境及儲藏方式亦會影響大豆種子發芽表現。



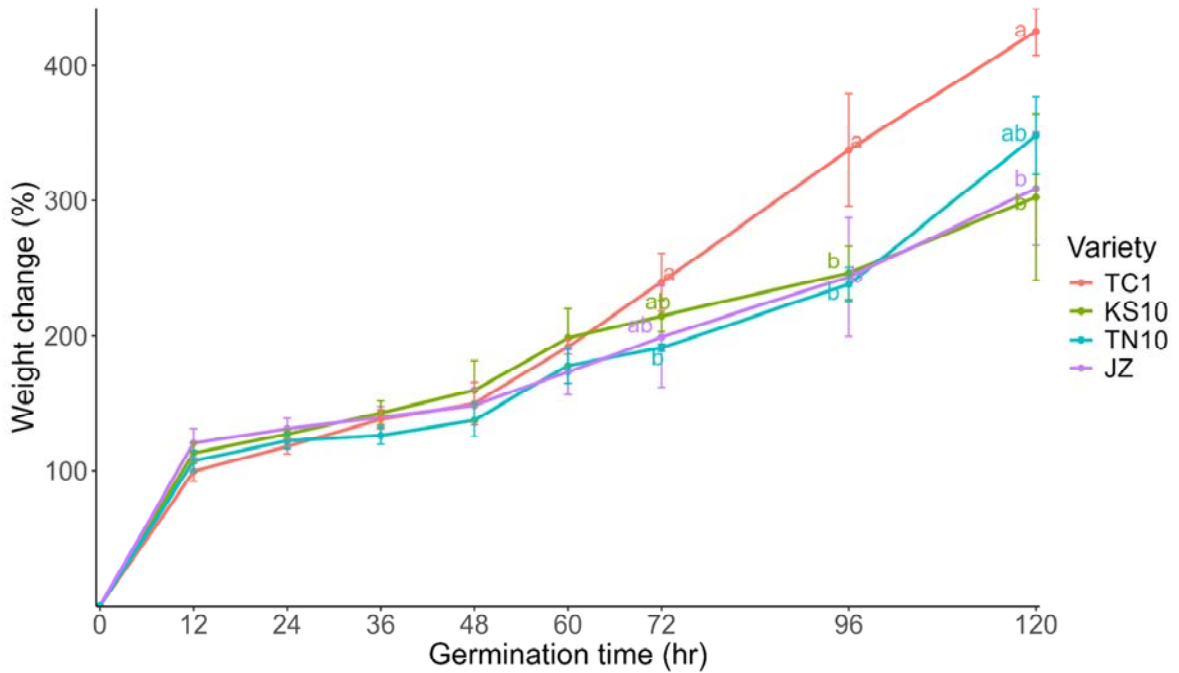
圖一、不同品種大豆不同發芽時間外表變化。

Fig. 1. Changes in appearances of different soybean varieties during germination period.



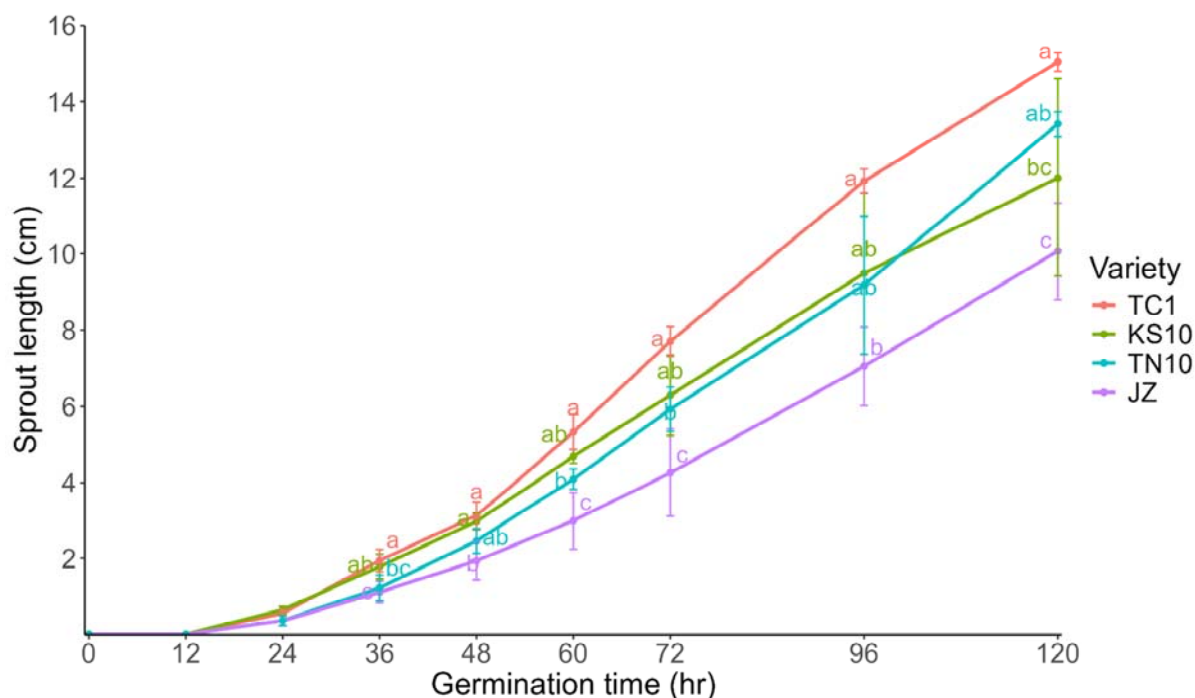
圖二、不同品種大豆發芽期間發芽率之變化。

Fig. 2. Changes in germination rate among different soybean varieties. Values are expressed as means $\pm$ standard deviation from three separate replications. The same letters within the same germination time indicate no significant difference by LSD test at $p < 0.05$.



圖三、不同品種大豆發芽期間重量之變化。

Fig. 3. Changes in weight of different soybean varieties during germination period. Values are expressed as means $\pm$ standard deviation from three separate replications. The same letters within the same germination time indicate no significant difference by LSD test at $p < 0.05$.



圖四、不同品種大豆發芽期間芽長之變化。

Fig. 4. Changes in sprout length of different soybean varieties during germination period.

Values are expressed as means $\pm$ standard deviation from three separate replications.

The same letters within the same germination time indicate no significant difference by LSD test at $p < 0.05$.

二、不同品種大豆發芽後組成成分變化

乾燥的大豆種子在吸收水分後，啟動各式代謝機制，種子內部的酵素被活化，促使儲藏的營養成分分解與轉換，以供應萌發所需的能量與養分，導致蛋白質、脂質、糖類、維生素及礦物質等營養成分的含量與種類會隨發芽過程發生變化(Lu *et al.*, 2023)。

(一)粗蛋白含量

本試驗結果顯示，不同品種大豆在發芽前的組成成分存在差異，其中粗蛋白質含量以‘台中 1 號’最高(37.8%)，‘高雄選 10 號’(33.1%)及‘台南 10 號’(33.8%)較低；經過發芽處理後，各品種的粗蛋白質含量變化情形不同，‘高雄選 10 號’、‘台南 10 號’及‘金珠’之粗蛋白質含量些微增加(35.1-37.6%)，可能因發芽初期胚乳蛋白質分解為游離胺基酸及胜肽，並有新蛋白質合成，同時，因呼吸作用造成其餘乾物質消耗，導致總蛋白質

比例相對提高(Bueno *et al.*, 2020)。相較之下，‘台中 1 號’發芽後之粗蛋白質含量變化不顯著，可能由於其發芽速率較快，蛋白質水解與再合成作用達動態平衡，導致整體含量變動不明顯。Wang 等人(2024)研究顯示，發芽大豆的總蛋白含量在 24 hr 達到最高，到 96 hr 其含量無顯著變化，而可溶性蛋白含量呈現先升後降的趨勢，在發芽後 72 hr 達到峰值，而發芽後期蛋白質含量降低，推測與蛋白質分解供應代謝及胚芽生長有關。

(二)粗脂肪含量

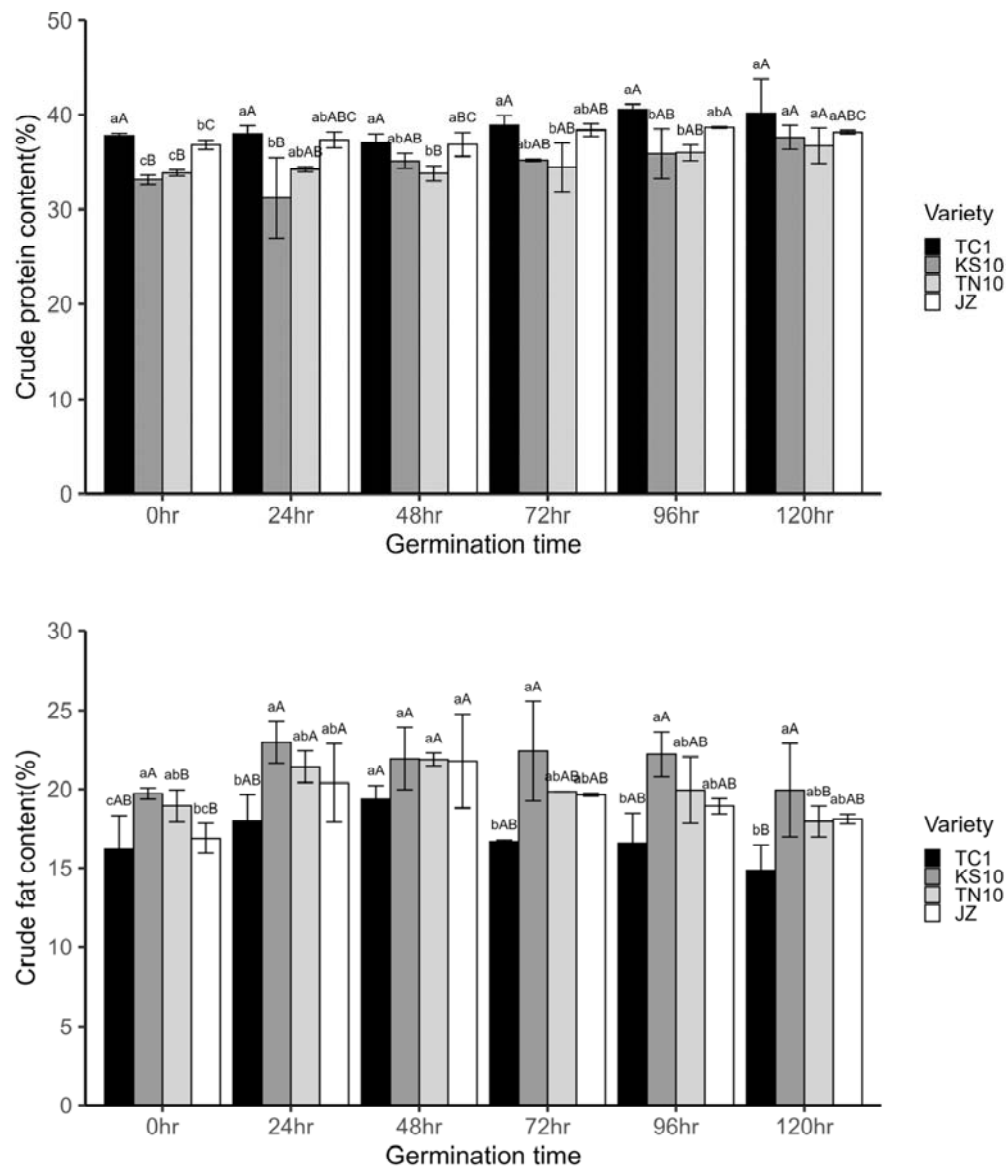
大豆發芽期間脂肪受脂肪酶水解及脂氧合酶(lipoxygenase)氧化，生成小分子化合物，進而參與蛋白質、異黃酮及維生素 C 等成分的合成(Sun *et al.*, 2018)。本試驗結果顯示，未發芽前‘高雄選 10 號’之粗脂肪含量較高(19.7%)，‘台中 1 號’較低(16.2%)(圖五)，發芽後粗脂肪含量未呈顯著變化。Mostafa 等人(1987)報告指出，大豆脂肪含量於發芽 5–6 天後顯著下降，且棕櫚酸(palmitic acid)含量增加，而亞油酸(linoleic acid)與亞麻酸(linolenic acid)含量下降，導致總不飽和脂肪酸比例降低。由於脂肪酸主要於發芽後期降解，故推測本試驗中粗脂肪總量未顯著變動可能與發芽時間尚不足以造成顯著分解有關。

三、不同品種大豆發芽後 GABA 含量變化

GABA 在植物中具有抗逆境的作用，當植物遭受環境壓力如高溫、低溫及乾旱等，GABA 濃度會升高，有助於減輕逆境對植物的損傷，並調節植物生長和發育(Li *et al.*, 2021)。

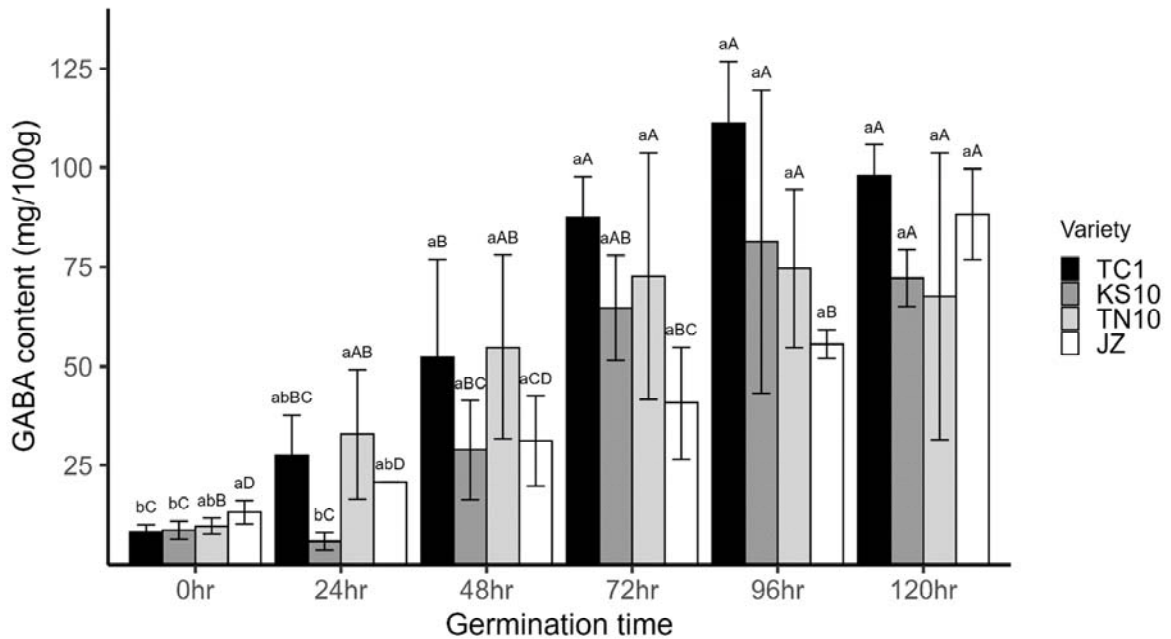
本次試驗中，大豆未發芽前的 GABA 含量極低(8.1-13.2 mg/100g)，隨發芽時間增加 GABA 含量隨之增加，至發芽至 96 hr 時達到最高，發芽時間再增加對 GABA 含量並無顯著影響，發芽至 120 hr 時，各品種間 GABA 含量無顯著差異，GABA 含量最高可增為未發芽前的 6-13 倍(圖六)。

GABA 最主要的生合成機制為麩胺酸經由麩氨酸脫羧酶(Glutamate decarboxylase, GAD)催化脫去一個羧基形成 GABA，再經由 γ -氨基丁酸轉胺酶(Gama-aminobutyric acid transaminase, GABA-T)轉化成琥珀酸半醛(Succinic semialdehyde)，GAD 及 GABA-T 為影響 GABA 含量的關鍵酵素(Akihiro *et al.*, 2008)。Luo 等人(2018)研究顯示，大豆發芽過程中兩種酵素活性逐漸增加，GAD 活性在發芽第 5 天時達到最高(1.97 ± 0.05 U/g)，而 GABA-T 活性在第 7 天時達到最高(2.39 ± 0.01 U/g)，酵素活性變化導致 GABA 含量在發芽第 5 天出現最大值，隨後因 GABA-T 活性增強而逐漸下降。上述結果與本試驗中 GABA 含量的變化趨勢一致。



圖五、不同品種大豆發芽期間粗蛋白質(上)及粗脂肪(下)含量之變化。

Fig. 5. Changes in crude protein and crude fat contents of different soybean varieties during germination period. Values are expressed as means $\pm$ standard deviation from three separate replications. The same lowercase letters indicate no significant difference among varieties at the same germination time, while the same uppercase letters indicate no significant difference within the same variety across different germination times, as determined by the LSD test at $p < 0.05$.



圖六、不同品種大豆發芽期間GABA含量之變化。

Fig. 6. Changes in GABA content of different soybean varieties during germination period. Values are expressed as means $\pm$ standard deviation from three separate replications. The same lowercase letters indicate no significant difference among varieties at the same germination time, while the same uppercase letters indicate no significant difference within the same variety across different germination times, as determined by the LSD test at $p < 0.05$.

結 論

本研究比較國產四種大豆品種之發芽特性、組成成分與 GABA 含量變化，結果顯示不同品種在發芽速率、吸水能力、芽長及營養成分轉變上皆具有明顯差異。其中以‘台中 1 號’表現最佳，具備高發芽率、快速吸水能力及高生長速率，發芽後能累積高 GABA 含量，具發展為發芽豆產品原料之潛力。本研究建立不同品種國產大豆之發芽性質與成分變化基礎資料，可作為發芽大豆品種選育與產品開發之重要依據。後續研究可進一步探討其他機能性成分於發芽過程中的變化趨勢，並結合感官評價與市場調查，延伸開發多元化之發芽豆產品，以提升國產大豆於機能性食品領域之應用價值與市場競爭力。

參考文獻

1. 楊勝智。2000。黑豆發芽期間抗氧化效力及異黃酮含量之變化之探討。中國文化大學生活應用科學研究所碩士論文。
2. 楊弘宇。2015。發芽及熟化處理對國產豆類機能性成分之影響。國立臺灣大學生物資源暨農學院農業化學系碩士論文。
3. Akihiro, T., Koike, S., Tani, R., Tominaga, T., Watanabe, S., Iijima, Y., Aoki, K., Shibata, D., Ashihara, H., Matsukura, C., Akama, K., Fujimura, T., Ezura, H. 2008. Biochemical mechanism on GABA accumulation during fruit development in tomato. *Plant Cell Physiol.* 49(9), 1378-1389.
4. Ali, A. S. and Elozeiri, A. A. 2017. Metabolic processes during seed germination. In. *Intech Open*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70653>
5. Bau, H. M., Villaume, C., Nicolas, J. P. Méjean, L. 1997. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. *J. Sci. Food Agric.* 73, 1-9.
6. Bueno, D. B., da Silva Júnior, S. I., Seriani Chiarotto, A. B., Cardoso, T. M., Neto, J. A., Lopes dos Reis, G. C., Abreu Glória, M. B., Tavano, O. L. 2020. The germination of soybeans increases the water-soluble protein and changes grain components. *LWT – Food Science and Technology* 117, 108599.
7. Diana, M., Quílez, J., Rafecas, M. 2014. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *J. Funct. Foods* 10, 407–420.
8. Ghani, M., Kulkarni, K. P., Song, J. T., Shannon, J. G., Lee, J. D. 2016. Soybean Sprouts: A Review of Nutrient Composition, Health Benefits and Genetic Variation. *Plant Breed. Biotech.* 4(4), 398-412.
9. Krul, E.S. 2019. Calculation of nitrogen-to-protein conversion factors: A review with a focus on soy protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 96, 339-364.
10. Li, L., Dou, Na., Zhang, H., Wu, C. 2021. The versatile GABA in plants. *Plant Signal Behav.* 16(3), 1862565.
11. Li, M., Zhao, M., Shi, J., Huang, Y., Li, L., Jin, N., Kong, Z., Simal-Gandara, J., Wang, F., Fan, B. and Xie, H. 2025. Discovery and verification of soybean sprouting selection based on quality across various origins and varieties: varietal effects on sprouted soybean quality. *Food Sci. Nutr.* 13:e70016.

12. Lu, J., Cheng, J. H., Xu, Y., Chen, Y., Qian, K., Zhang, Y. 2023. Effect of germination on nutritional quality of soybean. *Food Sci. Technol* 43. <https://doi.org/10.1590/fst.008323>.
13. Luo, X., Wang, Y., Li, Q., Wang, D., Xing, C., Zhang, L., Xu, T., Fang, F., Wang, F. 2018. Accumulating mechanism of γ -aminobutyric acid in soybean (*Glycine max* L.) during germination. *Int. J. Food Sci. Technol.* 53(1), 106-111.
14. Ma, Y., Wang, P., Gu, Z., Sun, M., Yang, R. 2022. Effects of germination on physio-biochemical metabolism and phenolic acids of soybean seeds. *J. Food. Compost. Anal.* 112, 104717.
15. Marcos-Filho, J. 2015. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia agricola*, 72(4), 363-374.
16. Messina, M. J. 1999. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 70(3), 439S-450S.
17. Mostafa, M. M., Rahma, E. H., Rady, A. H. 1987. Chemical and nutritional changes in soybean during germination. *Food Chem.* 23, 257-275.
18. Ogunlakin, G., Olatunde, S., Adeyanju, J., Leke, O. O. 2015. Effect of germination process on some anti-nutritional factors, proximate composition, mineral and vitamin contents of soybean. *J. Chem. Pharm. Res.* 7, 494-498.
19. Panrod, K., Tansirikongkol, A., Panapisal, V. 2016. Comparison of validated highperformance liquid chromatography methods using two derivatizing agents for gamma-aminobutyric acid quantification. *Thai. J. Pharm. Sci.* 40(4).
20. Shelar, V. R., Shaikh, R. S., Nikam, A. S. 2008. Soybean seed quality during storage: a review. *Agric. Rev.* 29(2), 125 – 131.
21. Sun, W. X., Zhang, R. J., Fan, J., He, Y., Mao, X. H. 2018. Comprehensive transformative profiling of nutritional and functional constituents during germination of soybean sprouts. *Food Measure* 12, 1295–1302.
22. Wang, X. H., Tai, Z. J., Song, X. J., Li, Z. J., Zhang, D. J. 2024. Effects of Germination on the Structure, Functional Properties, and In Vitro Digestibility of a Black Bean (*Glycine max* (L.) Merr.) Protein Isolate. *Foods* 13(3), 488.

Study on the germination properties of different varieties of domestic soybeans¹

Chih-Jou Su ^{2*} and Yi-Chun Chen ³

ABSTRACT

Soybean seeds are rich in proteins, lipids, vitamins, and various functional components. During germination, the levels of small-molecule nutrients and γ -aminobutyric acid (GABA) increase significantly, thereby enhancing their nutritional and functional value. However, differences in germination characteristics and nutrient transformation among soybean cultivars affect their processing applications. This study evaluated the germination characteristics, nutritional composition, and changes in GABA content of four domestic soybean varieties to identify those suitable for sprouted soybean production. The results showed that variety 'TC1' exhibited excellent germination performance after 120 hours, with a high germination rate (98%), rapid water absorption (weight increase of 424%), and vigorous growth (sprout length of 15.0 cm), indicating its strong potential as a sprouting soybean variety. During germination, the crude protein contents of 'KS 10', 'TN10' and 'Jinzhu' increased slightly, whereas no significant changes in crude fat content were observed in any of the varieties. GABA levels reached their maximum at 96 hours, increasing by 6–13 times compared to ungerminated seeds. This study establishes data on the germination traits and compositional changes of domestic soybean cultivars, providing a reference for sprouted soybean product development and industrial application.

Keywords: soybean, germination, γ -aminobutyric acid

¹ Contribution No. 1112 from Taichung DARES, MOA.

² Assistant Researcher of Taichung DARES, MOA.

³ Research Assistant of Taichung DARES, MOA.

* Corresponding Author: Chih-Jou Su, Email: chihjou@tcdares.gov.tw