

# 蒜瓣樣態影像辨識之研究<sup>1</sup>

楊清富<sup>2</sup>

## 摘 要

**楊清富。2024。蒜瓣樣態影像辨識之研究。臺南區農業改良場研究彙報 84：50-57。**

本研究旨在透過影像處理技術，開發一套針對蒜瓣樣態的自動辨識系統，以提升蒜瓣機械化種植的準確性和效率。在研究中，首先針對蒜瓣的影像進行預處理。包括去除雜訊、尋找圖塊輪廓線、形心座標計算及檢測其相對位置，正確辨識蒜瓣芽尖方向。測試結果顯示，對蒜瓣芽尖方向的辨識準確率達到了 95.2%，代表在多數情況下能夠精確地識別蒜瓣的樣態。儘管如此，系統在處理蒜瓣附著蒜膜的情況下仍存在一定挑戰。未來的研究應集中於解決這些技術問題，如利用深度學習技術加強模型的強韌性，通過擴展訓練數據集以涵蓋更多樣化的蒜瓣樣本和蒜膜情況，進一步提高系統的辨識能力和穩定性，以將技術推廣至其他農產品的智能作業系統中，促進農業生產的現代化和自動化發展。

|                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>現有技術：</b>目前大蒜機械種植無法辨識蒜瓣方向。</p> <p><b>創新內容：</b>利用影像技術辨識蒜瓣樣態可達到與人眼辨識相仿的效果。</p> <p><b>對產業影響：</b>本研究提供蒜瓣樣態辨識技術，有助於發展更精緻的大蒜播種機械。</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**關鍵字：**蒜瓣、影像識別、機器視覺

接受日期：2024 年 9 月 5 日

---

1. 農業部臺南區農業改良場研究報告第 576 號。

2. 農業部臺南區農業改良場副研究員。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

## 前 言

大蒜俗稱蒜頭，為蔥屬植物，學名 *Allium sativum* L.，原產地亞洲中部帕米爾高原及中國天山山脈一帶，臺灣引進大蒜栽培已有 300 多年歷史。大蒜地下鱗莖味道辣，稱為蒜頭，可作調味，亦可入藥。蒜葉稱為青蒜或蒜苗，可作蔬菜食用。蒜為五辛之一，是臺灣飲食中不可或缺的辛香料食材。依據農糧署 109 年統計，全臺有 4,687 公頃，產量 44,947 公噸，主要於雲林、彰化等地種植<sup>(1)</sup>。早期大蒜的栽培為了確保發芽率及生長一致性，習慣上採取蒜瓣芽向上的種植方式<sup>(2)</sup>。但由於蒜瓣的形狀不規則，只能透過手工種植。大蒜以人工播種時一般將蒜瓣基部（發根端）向下垂直插入土中 3 ~ 4 公分，全生育期約 150 ~ 180 日。近年來由於人口結構的改變，農業面臨缺工的情形日益嚴重。不僅人工成本變高，僱工更形困難。因此對於大蒜種植機械化的需求與日俱增。研究顯示大蒜播種到土壤中時蒜芽的方向，顯著影響出苗時間和一致性<sup>(6,9)</sup>。當蒜芽朝下、傾斜角度在 45°以內時，容易出現蒜種壞死、出苗時間不均、生長失調、生長衰弱等問題<sup>(10)</sup>。因此，大蒜精準播種首先需要滿足蒜芽直立種植的要求。國內早期大蒜種植機械之研究，主要以芽尖向上的直立式種植為主要考量，因涉及到蒜瓣型態辨識故發展較慢。近期研究發現蒜瓣以平放樣態種植，相較於直立樣態大約晚 7 天左右出芽<sup>(1)</sup>。目前國內大蒜種植機械均為平放樣態種植，總體出芽率及產量相較人工直立種植並無明顯差異。近年來，影像處理技術在各領域得到了廣泛的應用，在農業方面如水果品質<sup>(5)</sup>、種子識別<sup>(4)</sup>及病蟲害辨識<sup>(3)</sup>等。特別是隨著分類器和深度學習演算法的發展，辨識速度和準確度不斷提升。使得透過影像處理辨識物體局部特徵的技術不再遙不可及。正確辨識蒜芽方向是蒜瓣直立種植的基礎，因此利用機器視覺廣泛應用在判斷大蒜蒜芽方向之研究。Gao Chi and Gao Hui (2013) 研究利用機器視覺辨識蒜瓣方向，其方法是利用一個限制器，使蒜瓣只能以朝上或朝下的方向進入影像擷取區。蒜瓣影像先經光自適應及二值化處理後，在影像下方讀取數條水平方向的灰度值，並透過灰度值差異分離出蒜瓣目標區域，經由影像寬度屬性判別為芽尖或根部。試驗結果蒜瓣方向辨識率可達 97% 以上。Li 等 (2020) 研究提出了一種利用機器視覺來辨識蒜瓣方向的演算法。該研究使用影像增強和色彩空間轉換等預處理後，取得蒜頭與尾投影面積之比、四個象限中蒜瓣面積的比例及對應的最小矩形面積三個特徵參數。再根據各特徵參數的顯著性配予對應的權重係數，最後將權重係數的特性求和，得到綜合權重係數特徵參數，據此完成蒜瓣方向的辨識。實驗結果顯示，利用該演算法平均辨識率為 97.44%，辨識一張蒜瓣影像平均時間為 0.61 秒。Liu 等 (2022) 透過圖像採樣和數據增強方法建立大蒜種子輪廓的二值圖像數據集，利用三個深度學習分類器，進行深度學習辨識蒜瓣芽方向，實驗結果顯示，以輪廓影像的蒜瓣芽方向辨識方法是有效的。二值化輪廓影像的座標集，可以完整表達蒜瓣樣本的資訊。模型對蒜芽方向的辨識率均超過 98%。本研究透過影像處理取得蒜瓣輪廓影像，及利用輪廓形心的演算法，進行蒜瓣樣態辨識獲得極高的辨識率，對後續發展大蒜種植機械提供了一項更細緻的方法。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

本研究採用 Windows 11 作業系統的筆記型電腦，配備 12th Gen Intel(R) Core(TM)

i9-12900H CPU@2.50GHz 處理器及 32GB 記憶體。分析軟體為 Python 3.11.4 使用 OpenCV 模組進行影像處理及辨識。影像擷取採用解析度為 1920 × 1080 的 USB2.0 WEBCAM 配備可變焦超廣角視訊鏡頭。本研究用以試驗之蒜頭產自元長鄉，品種為大片黑。以人工剝成單瓣狀，蒜瓣置於黑色絨布上，在自然光中以 JPG 格式擷取 293 張影像進行分析。

## 二、試驗方法及步驟

人眼對蒜瓣方向的辨識主要是針對大蒜外觀特徵，就外觀而言大多數蒜瓣近似水滴狀（芽端尖，基部粗）。對於水滴狀圖塊其形心縱座標偏向圖塊大端，因此透過檢測蒜瓣影像圖塊形心座標在圖塊的相對位置，就能辨識其芽尖的方向。為了獲得圖塊形心位置，利用影像矩 (Image Moments) 可計算影像中圖塊的形心座標。計算的方法主要是透過 (1) ~ (5) 式獲得圖塊形心座標。

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y) \quad (1)$$

$M_{ij}$  : Image moment

$ij$  : Order of image moment

$I(x, y)$  : pixel intensities

$$M_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y) \quad \text{image area} \quad (2)$$

$$M_{10} = \sum_x \sum_y x I(x, y) \quad \text{moment of y axis} \quad (3)$$

$$M_{01} = \sum_x \sum_y y I(x, y) \quad \text{moment of x axis} \quad (4)$$

$$(C_x, C_y) = \left\{ \frac{M_{10}}{M_{00}}, \frac{M_{01}}{M_{00}} \right\} \quad \text{Centroid} \quad (5)$$

為計算蒜瓣圖塊形心，擷取的蒜瓣影像需經過下列預處理及步驟，方能獲得準確的蒜瓣圖塊形心座標。

1. 讀取預存影像，如圖 1。
2. 影像的色彩模型從 RGB 轉換為灰階，如圖 2。
3. 使用中值濾波 (Median Filtering) 進行影像平滑模糊化以除去影像中的細小雜訊，如圖 3。
4. 運用 OpenCV 的 threshold() 函式，將影像轉換為二值化的黑白影像。

5. 利用 OpenCV 的 `findContours()` 函式，找到蒜瓣圖塊的的輪廓 (Contours)。如影像中有  
多個輪廓，則圈選最大面積的輪廓作為蒜瓣輪廓，如圖 4。
6. 利用 OpenCV 的 `boundingRect()` 函式，計算可以完全包圍輪廓所有點的最小矩形框。  
同時這個函式的返回值是一個元組  $(x,y,w,h)$ ，其中  $(x,y)$  是矩形框左上角的座標， $w$   
和  $h$  是矩形框的寬度和高度，如圖 5。
7. 計算影像輪廓的矩 (Moment)，透過方程式 (1) ~ (5) 計算影像的形心座標  $(Cx,$   
 $Cy)$ ，如圖 6。

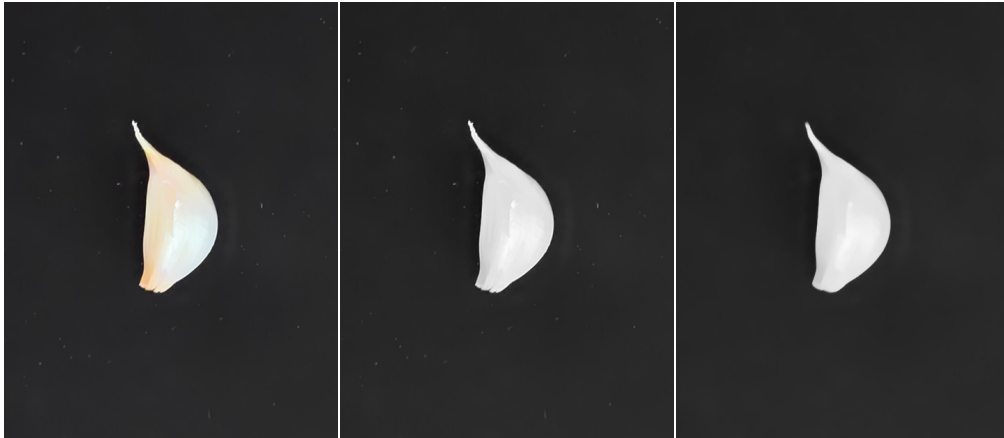


圖 1. 原始影像

Fig. 1. Original image

圖 2. 灰階影像

Fig. 2. Gray level image

圖 3. 模糊平滑後影像

Fig.3. Blurred and smoothed image



圖 4. 蒜瓣輪廓線

Fig. 4. Garlic clove contour

圖 5. 矩形框選

Fig. 5. Rectangle selection

圖 6. 標定形心位置

Fig. 6. Calibrate centroid position

### 三、蒜瓣樣態辨識法

本研究判別蒜瓣樣態 (芽尖方向) 的方法以圖 7 進行說明。由於形心位置一般均偏向基部，因此形心縱座標  $(Cy)$  若座落於矩形框下半部，表示圖塊基部位於矩形框下半部即代表芽尖朝向上方。反之，若形心縱座標  $(Cy)$  若座落於矩形框上半部，即代表芽

尖朝向下方。因此利用程式所建立辨識法則為：如果形心縱座標 ( $C_y$ ) 值大於  $h/2$ ，則代表芽尖朝向上方，反之則為芽尖向下。

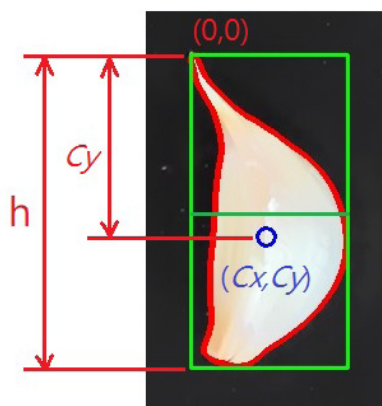


圖 7. 蒜瓣樣態辨識圖例

Fig. 7. Schematic diagram of garlic clove direction identification

## 結果與討論

本研究利用制式影像處理技術能有效去除微小的雜訊，但對於較大分散的圖塊（根鬚、碎屑）則無法有效去除，導致產生多個輪廓，影響後續判定。本研究利用圈選最大面積輪廓的方法，可成功標定出蒜瓣輪廓，再透過形心座標計算及檢測其相對位置，能正確辨識蒜瓣芽尖方向。辨識完成後以箭頭標示芽尖方向，如圖 8。在 293 張蒜瓣影像中辨識正確的比率為 95.2%，辨識一張影像僅需約 0.05 秒。檢視辨識錯誤的影像（圖 9），可發現主要發生原因為：蒜膜附著於蒜瓣上及芽尖不明顯之蒜瓣上。

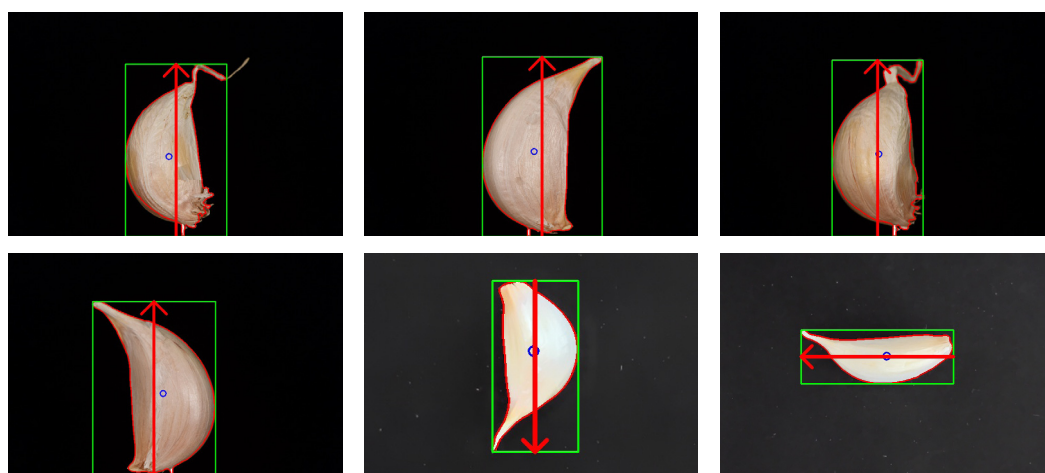


圖 8. 蒜瓣芽尖方向辨識正確圖像

Fig. 8. Image of correctly identifying the direction of garlic clove sprout tips



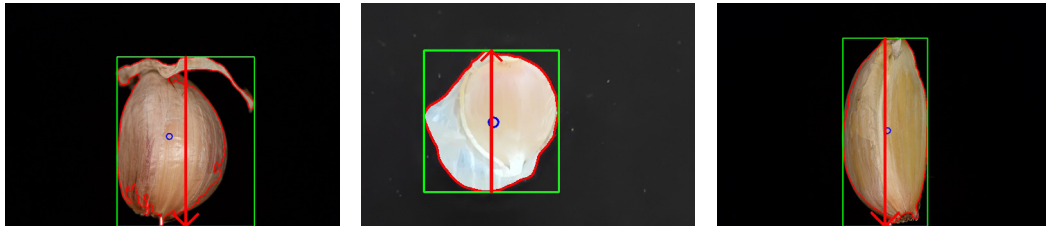


圖 9. 蒜瓣芽尖方向辨識錯誤圖像

Fig. 9. Incorrect image of garlic clove sprout tip direction identification

## 結 論

本研究針對蒜瓣樣態進行影像辨識的探討，透過應用影像處理技術和演算法，開發了蒜瓣方向自動辨識系統。本系統經測試後顯示正確辨識率達到 95.2%，這代表了該系統在多數情況下能夠精確地識別蒜瓣樣態。然而，研究過程中我們也發現了一些挑戰，尤其是在實際操作中蒜瓣表面附著大量蒜膜時，會顯著影響影像辨識的準確率。為了解決這一問題，後續研究應著重於減少蒜膜對影像品質的干擾，如結合深度學習技術來進一步提高系統的辨識能力，或通過學習更多的特徵來提高對蒜膜干擾的容忍度。此外，擴展訓練數據集以涵蓋更多樣化的蒜瓣樣本和不同的蒜膜情況，也是提升系統穩定性的有效方法。雖然本研究所提出的影像辨識系統已經具備相當高的準確性，但在實際應用中仍需克服一些挑戰，尤其是蒜膜對辨識準確率的影響。未來研究將致力於解決這些問題，以進一步提高系統的穩定性和實用性，並將該技術推廣至其他農產品的智能作業系統中。這將不僅有助於提高大蒜機械化種植的技術，還能促進農業生產的現代化和自動化發展。

## 引用文獻

1. 王志瑋、鍾瑞永。2021。大蒜種植機械化簡介。臺南區農業專訊 116：20-22。
2. 林滄澤，2000。大蒜生產栽培技術。臺南區農業改良場技術專刊 89-3(NO. 101)。
3. 郭子敬、謝方智、陳淑佩、郭彥甫。2022。影像自動辨識技術在檢防疫介殼蟲害鑑定之應用。2022 作物有害生物分類與鑑定技術在植物防檢疫之應用研討會：259-269。
4. 許鑄云、黃國益。2017。影像處理技術應用於水稻種子檢查之介紹。種苗科技專訊 No.100 21-23。
5. 許念得、溫志皓。2021。應用電腦視覺方法於國軍副供站水果品質檢測之研究。陸軍後勤季刊 2021 年 11 月 27-46。
6. Ahn, Y., Choi, G., Choi, H., Yoon, M. and Suh, H. 2007. Effect of planting depth and angle of non-cloved bulb garlics on the garlic growth and yield. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 25, 82-88.
7. Gao Chi and Gao Hui. 2013. Direction Identification System of Garlic Clove Based on Machine Vision. TELKOMNIKA, Vol. 11, No. 5, pp. 2323-2329.
8. Jian Liu, Jin Yuan, Jiyan Cui, Yunru Liu and Xuemei Liu, 2022. Contour Resampling-Based

- Garlic Clove Bud Orientation Recognition for High-Speed Precision Seeding. *Agriculture* 2022, 12(9).
9. Jin, C., Yuan, W., Wu, C. and Zhang, M. 2008. Experimental study on effects of the bulbil direction on garlic growth. *Trans. CSAE* 2008, 24, 155-158.
  10. Liu, J. 2018. Effects of Different Garlic Varieties and Bulbil Seeding Directions on Growth Characteristic and Quality. Master's Thesis, Shandong Agricultural University, Tai'an, China.
  11. Y. H. Li, L. Tian, T. H. Li, Y. Q. Wu, Z. R. Niu and J. L. Hou. 2020. Recognition of garlic clove orientation based on machine vision. *Journal of Physics*.

# Research on image recognition of garlic clove patterns<sup>1</sup>

Yang, C. F.<sup>2</sup>

## Abstract

This study is dedicated to develop an automated recognition system for garlic clove morphology through image processing technology to improve the accuracy and efficiency of mechanized garlic planting. In this research, images of garlic cloves were first preprocessed, including noise removal, contours detection, centroid coordinate calculation, and relative position detection, for accurately identifying the direction of the garlic sprout tip. The test results showed that the recognition accuracy for the garlic sprout tip direction reached 95.2% that implied the system can accurately identify the morphology of garlic cloves in most cases. However, the garlic cloves attached garlic skin were the main challenges of this new developed system. Future research should be focused on addressing those technical issues, such as utilizing deep learning techniques to enhance the model's robustness, expanding the training dataset to include more diverse garlic clove samples and garlic skin conditions, and further improving the system's recognition capabilities and stability. The ultimate goal is to extend this technology as intelligent operating systems to other agricultural products, and promote the modernization and automation of agricultural production.

### **What is already known on this subject?**

Currently, mechanized garlic planting systems are unable to recognize the orientation of garlic cloves.

### **What are the new findings?**

Utilizing image technology to recognize garlic clove morphology can achieve results comparable to human eye recognition.

### **What is the expected impact on this field?**

This study provides garlic clove morphology recognition technology, which contributes to the development of more sophisticated garlic planting machinery.

**Key words:** Garlic clove, Image recognition, Machine vision

Accepted for publication: September 5, 2024

---

1. Contribution No. 576 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.

2. Associate Researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.