

# 岩礦工程結合農業應用技術：利用改質天然蛇紋岩粉末種植高鎂錳蒜頭的成長特性研究

洪飛碩

南臺科技大學休閒事業管理系

fshung@stust.edu.tw

## 摘要

天然蛇紋岩 (Serpentinite) 是一種富含鎂之矽酸鹽礦物之矽酸鹽礦物總稱，因含有金屬元素與層狀結構，因此浸水可溶出鎂離子 (具有離子釋放能力)。蒜頭，是一種廣泛栽培作物，蒜頭化學組成非常豐富且有保健效能。此外，鎂與錳都是人體中重要營養素，增加蒜頭中鎂礦物質含量可穩定大蒜素不易分解或釋放；提高錳礦物質能夠促進蒜頭中多糖類代謝。本研究改質天然蛇紋岩粉末，以浸鍍及烘烤燒結條件提高蛇紋岩粉末的結晶度與離子 (鎂與錳) 溶出能力，進而種植鎂錳蒜頭並調查成長特性。實驗數據顯示，蛇紋岩粉末具有層狀結構，藉助烘烤燒結能夠降低雜質含量，且能提高粉末結晶度與離子釋放能力。根據粉末體表面積與離子釋出濃度數值，以 400 度烘烤燒結 1 小時的 Mg-Si-Mn-O-400 粉末具有天然鎂錳離子水製備的優點。此外，鎂錳蒜頭含有鎂元素 (38-43 mg/L) 與錳元素 (11-17 mg/L)。鎂錳蒜頭組成中含較多量大蒜腺體與硫化化合物。經自然乾燥後，鎂錳蒜頭的大蒜腺體不易分解且含水率高，確認鎂錳蒜頭具高營養價值和抗氧化特性，將有助於休閒產業應用與推廣。

**關鍵詞：**蛇紋岩、粉末、蒜頭、燒結、離子溶出

## Mineral Engineering Combined with Agricultural Application Technology: Using Modified Natural Serpentine Powders on Growth Characteristics of High Magnesium-manganese Garlics

Fei-Shuo Hung

Department of Leisure, Recreation and Tourism Management, Southern Taiwan University of Science and Technology

### Abstract

Natural serpentinite is the general name of a water-containing magnesium-rich silicate mineral. Because it contains metal elements and a layered structure, it can dissolve magnesium ions when soaked in water (with its ability to release ions). Garlic is a widely cultivated root vegetable. The chemical composition of garlic is very rich and has health benefits. In addition, magnesium and manganese are important nutrients for the human body. Increasing the content of magnesium minerals in garlic can stabilize allicin, keeping it from being decomposed or released; increasing manganese minerals can promote the metabolism of polysaccharides in garlic. In this study, the natural serpentinite powder was modified, the crystallinity and ion (magnesium and manganese) dissolution ability of the serpentinite powder were improved by immersion plating and baking sintering conditions, and then the magnesium manganese garlic was planted before its growth characteristics were investigated. As the experimental data show, the serpentinite powder has a layered structure, the impurity content can be reduced by baking and sintering, and the crystallinity and ion release ability of the powder can be improved. According to the powder surface area and ion release concentration values, the Mg-Si-Mn-O-400 powder baked and sintered at 400

Received: Jul. 12, 2023; first revised: Oct. 31, 2023; second revised: Dec. 9, 2023; accepted: Dec. 2023.

Corresponding author: F.S. Hung, Department of Leisure, Recreation and Tourism Management, Southern Taiwan University of Science and Technology, Tainan 710301, Taiwan.

degrees for 1 hour has the advantage of being made of natural magnesium and manganese ion water. In addition, magnesium manganese garlic contains magnesium (38-43 mg/L) and manganese (11-17 mg/L). Magnesium manganese garlic contains more garlic glands and sulfur compounds. After natural drying, the garlic glands of magnesium-manganese garlic cannot be easily decomposed and have a high water content. It is confirmed that magnesium-manganese garlic has high nutritional value and antioxidant properties. Therefore, it will help bolster the application and promotion of the leisure industry.

**Keywords:** serpentine, powder, garlic, sintered, ion release

## 壹、研究背景與目的

### 一、蒜頭成長特性

蒜頭是一種常見調味料和食材，容易種植，是多年生重要農作物，人工栽培中，一般採用一年一作方式進行種植，種植週期為 10 個月左右 [1]。蒜頭生長主要特點是需要充足陽光和水分。在適宜溫度環境下，蒜頭會順利生長並產生許多蒜瓣。蒜頭成長速度取決於土壤肥力（鬆軟與富含有機質）和水分充足程度。此外，當氣溫較高時，蒜頭生長速度增快 [2]。在蒜頭成熟後，一般需要挖出晾曬（防止腐壞），以便儲存和食用。

### 二、蒜頭種類與味道

蒜頭是一種廣泛栽培作物，全球各地都有種植。不同國家種植的蒜頭品種也有所差異，這些蒜頭品種特色與氣候、土壤和種植條件等因素關係密切。以下是一些主要國家種植的蒜頭品種概述 [3]：

- (一) 中國：中國是全球最大蒜頭生產國，種植品種有：紅蒜、白蒜、青蒜等。其中，紅蒜是中國最主要的蒜頭品種之一，味道香辣，肉質較硬。白蒜也是中國常見品種之一，味道較溫和，肉質較軟。青蒜則是屬於蒜頭的嫩莖，味道清新，營養豐富。
- (二) 法國：法國蒜頭品種以「Rose de Lautrec」為主要代表，是一種有濃郁香氣蒜頭品種。這種蒜頭主要是在法國南部特定地區種植，該地區氣候和土壤條件非常適合蒜頭生長。
- (三) 西班牙：西班牙的蒜頭品種以「白色普羅文蒜」為主要代表，是一種具有強烈辣味和香氣的白色蒜頭品種。

### 三、蒜頭化學成分與保健效能 [4-6]

蒜頭具有營養價值和藥用價值。蒜頭化學組成非常豐富且有保健效能，相關說明概述如下：

- (一) 大蒜素：又稱為大蒜精，是蒜頭中最重要成分之一，具抗氧化作用，可有效對抗自由基對身體的損害。大蒜素具有抗菌、抗病毒和降低膽固醇等作用。大蒜素能夠降低血壓，促進心血管健康。
- (二) 硫化物：蒜頭中含有大量硫化物，如二烯丙基三硫化物、二烯丙基二硫化物等。硫化物具有抗癌和抗氧化作用，能夠抑制癌細胞生長和擴散，減少癌症發生風險。硫化物能幫助人體內膠原蛋白生成，進而促進皮膚和結締組織修復和再生。
- (三) 多醣類：蒜頭中含有豐富多醣類化合物，如果膠、半乳糖等。這些多醣類對身體免疫系統有益，可以提高身體免疫力，增強身體抵抗力，預防感染疾病。
- (四) 維生素和礦物質：蒜頭含有豐富維生素 C 和礦物質鈣、銅、鐵、鎂、錳、與硒等。維生素 C 是一種水溶性維生素，能夠促進膠原蛋白的合成，增強皮膚和血管彈性。鈣是維持骨骼健康和強度的重要礦物質。銅能夠幫助身體吸收鐵和維生素 C，促進紅血球生成。鐵是紅血球中的重要成分。鎂能夠幫助鈣質吸收和利用，同時還能維持心臟和肌肉正常功能。錳能夠促進脂質和糖類代謝，有助於骨骼和結締組織健康。硒是一種重要微量元素，有抗氧化和防癌作用。

### 四、蒜頭保存與食用 [7]

乾燥後的蒜頭相較於新鮮蒜頭有以下幾個特點：

- (一) 容易儲存與使用：乾燥後的蒜頭可以儲存多年，新鮮蒜頭只能儲存數周。因此，乾燥後的蒜頭比較適合長期儲存和使用。烹飪時，只需要將乾燥蒜頭磨成粉末或切碎即可使用。
- (二) 濃郁口感與易消化：乾燥後的蒜頭口感一樣濃郁，容易加強菜餚風味。此外，乾燥後的蒜頭中一些抗氧化成分會被分解和釋放出來，這些成分更容易被人體消化和吸收。
- (三) 乾燥蒜頭中大蒜素含量與抗氧化物質會隨著蒜頭儲存時間和溫度變化而有所差異。

## 五、人體中鎂礦物質與錳礦物質重要性 [8-9]

鎂，是人體中重要營養素，有超過 300 多種的化學反應，包括製造蛋白質、合成骨骼或 DNA 等，都需要鎂參與。根據衛生福利部國民健康署建議成人每日攝取含鎂量：約 400 毫克，人體消化蛋白質或代謝維生素 D 需要很多鎂。

缺鎂，容易發生下列幾項症狀：(一) 肌肉跳動、抽筋或痙攣情況，(二) 容易疲倦、易怒、憂鬱，(三) 容易頭痛、痠痛，(四) 注意力難以集中。值得注意的是，鈣與鎂維持在一定比例，可以相互合作，發揮較好的功效，一般人只顧補鈣，太多鈣會消耗鎂，造成更多健康危機，如腎結石、心血管疾病、癌症等。

錳是人體必需的微量元素之一，能夠參與多種代謝過程與生理功能。人體缺乏錳可能會導致容易疲倦勞累、血中膽固醇升高、脂肪代謝異常、骨骼不健全、容易痙攣等症狀。WHO 建議成人每天應攝取 2-3 毫克錳。錳對人體功用如下：(一) 改善骨骼或結締組織健康，(二) 抗氧化特性可降低疾病風險，(三) 具有血糖調節作用（脂肪酸與糖類代謝）與降低發炎症狀，(四) 與鈣合用可減低月經前症候群症狀，(五) 改善甲狀腺功能，避免體重增加和激素失衡，(六) 促進皮膚細胞中膠原蛋白形成幫助傷口癒合。就蒜頭化學組成而言，增加鎂礦物質含量可以讓蒜頭生成鎂硫化物，進而穩定大蒜素不易分解或釋放。再者，提高錳礦物質能夠協助蒜頭中多糖類代謝。因此，鎂礦物質與錳礦物質能優化蒜頭化學組成穩定度，除了可降低蒜頭乾燥保存期間中大蒜素與抗氧化物變異之外，更能提高蒜頭的食用效應。

## 六、天然蛇紋岩材料特性 [10-12]

蛇紋岩是一種含水富鎂之矽酸鹽礦物總稱，屬於變質岩，化學式為  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ 。以下是天然蛇紋岩主要特性：

- (一) 表面外觀：深綠色，表面有蛇皮狀紋路，質地堅硬有光澤，廣泛應用在建築材料。
- (二) 化學組成：含有斜長石、角閃石、橄欖石等，以及二氧化矽、氧化鐵等。
- (三) 材料特性：含一定量金屬元素，具導電性能。浸水可溶出鎂離子，可在蛇紋岩層上種植富含鎂礦物質之農作物。日本已經栽種蛇紋岩米，進而產出蛇紋岩吟釀（清酒）。

## 七、高鎂錳蒜頭種植與應用特性

- (一) 將富含鎂的天然蛇紋岩粉末浸泡在檸檬酸錳溶液（食品級）一段時間，之後取出高溫燒結，可獲得含鎂與錳的天然蛇紋岩粉末。
- (二) 種植中國紅蒜頭在：鎂錳蛇紋岩粉末土壤，調查鎂錳蒜頭成長特性。
- (三) 萃取分析：新鮮鎂錳蒜頭中鎂及錳含量，與其他化學組成。
- (四) 調查新鮮鎂錳蒜頭之保存時期。
- (五) 鎂錳蒜頭經乾燥後，評估量測大蒜素與硫化物等含量。

## 貳、實驗步驟與方法

### 一、蛇紋岩粉末製備與浸鍍燒結試驗

蛇紋岩礦石研磨成粉末的程序包含：(一) 碎石：碎石過程可獲得蛇紋岩塊狀物。(二) 研磨：將塊狀石使用研磨機設備製成細小粉末顆粒（粒徑分析儀量測粒徑：30-180  $\mu m$ ）。這些原始蛇紋岩粉末稱為原礦矽酸鎂粉末（Mg-Si-O）。接續，將原礦粉末浸泡在 60 °C 的食品級檸檬酸錳溶液（濃度為 5 wt.%）中 1 小

時後取出晾乾（此過程稱：浸鍍，讓原始礦粉吸附錳離子），最後，再以 400 °C 及 600 °C 與 800 °C 烤箱進行 1 小時的粉末烘烤與燒結。此過程有二個目的：（一）消除原始粉末的雜質，提高原始粉末結晶度。（二）讓錳離子結晶化。完成烘烤與燒結的粉末含有錳元素，稱為矽酸鎂錳粉末（Mg-Si-Mn-O）[13]。

上述粉末以掃描式電子顯微鏡與能量光譜分析儀（scanning electronic microscope/ energy dispersive X-ray spectrometer, SEM/ EDX）進行顯微特徵觀察與成份鑑定。此外，實驗以 X-光繞射儀（X-Ray diffractometer, XRD）解析粉末的相結構與結晶特性，並以傅立葉光譜儀（Fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR）量測各粉末的鍵結特性，再以拉曼光譜儀（Raman）量測各粉末之化合物結構。計算粉末的溶出離子濃度，會量測粉末體表面積與進行（inductively coupled plasma, ICP）元素鑑定。

## 二、粉末溶出離子試驗

離子釋放實驗是測量粉末在液體中釋放出離子的能力，通常用於評估材料的釋放性能、藥物釋放系統、生物材料等領域 [14]。本研究浸泡離子釋放實驗是選擇粉末材料 5 g，浸泡 60 °C 蒸餾水 100 mL 中 1 小時，之後萃取水溶液以 ICP 測定離子濃度（離子種類：鎂與錳離子）。水溶液含有鎂與錳離子稱為鎂錳水。因此，以鎂錳水種植的蒜頭稱為鎂錳蒜頭（實驗組），而以蒸餾水種植的蒜頭稱為蒸餾蒜頭（對照組）。

## 三、蒜頭種植試驗與組成分析

蒜頭種植栽培分成：對實驗組與對照組。實驗組選擇離子（Mg, Mn）濃度最高的水溶液（鎂錳水）進行蒜頭種植栽培。使用培養土種植蒜頭，種植土深約 5 公分，各蒜株距離約 10 公分，種植 25 蒜株。澆水條件選用鎂錳水（粉末 5 g，浸泡 60 °C 蒸餾水 100 mL 中 1 小時，再稀釋成 1000 mL），每二天定量澆灑一次，保持含水率 > 50%，室溫半日照，成長期為 10 周。值得注意的是，對照組使用蒸餾水進行蒜頭種植栽培，其餘種植條件與實驗相同。蒜頭採收後需進行組成物分析，除了新鮮蒜頭之外（稱為濕蒜），將蒜頭進行大氣自然乾燥 7 日（稱為乾蒜）。因此，實驗針對：（一）具鎂與錳離子的濕蒜頭（鎂錳濕蒜），（二）以蒸餾水成長的濕蒜（蒸餾濕蒜），（三）鎂錳濕蒜頭乾燥後的蒜頭（鎂錳乾蒜），（四）蒸餾濕蒜頭乾燥後的蒜頭（蒸餾乾蒜），量測單位重量之大蒜素與硫化物含量（液相層析／質譜儀, liquid chromatography/mass spectrometer, LC/ MS）。

## 參、結果與討論

### 一、蛇紋岩粉末材料特性與表面錳改質機制

實驗將蛇紋礦岩破碎後以研磨機進行研磨而獲得蛇紋岩石粉末（圖 1），這些粉末稱為原礦粉末或呈現灰綠色，以 SEM 與 EDX 進行粉末特徵觀察與成分分析。實驗結果如圖 2 所示，發現原礦石粉末呈現破碎顆粒型態，粒徑約為 30-180 μm，部分粉末具有鬆散表面，經 EDX 做顆粒表面多點化學成分分析，可確認原礦石粉末主體結構成分包含：Mg, Si, O（以代號 Mg-Si-O 表示）。根據文獻 [14]，天然蛇紋礦岩主體為矽酸鎂鹽，其中鎂離子具有溶出特性。



圖 1 蛇紋礦石與粉末外觀

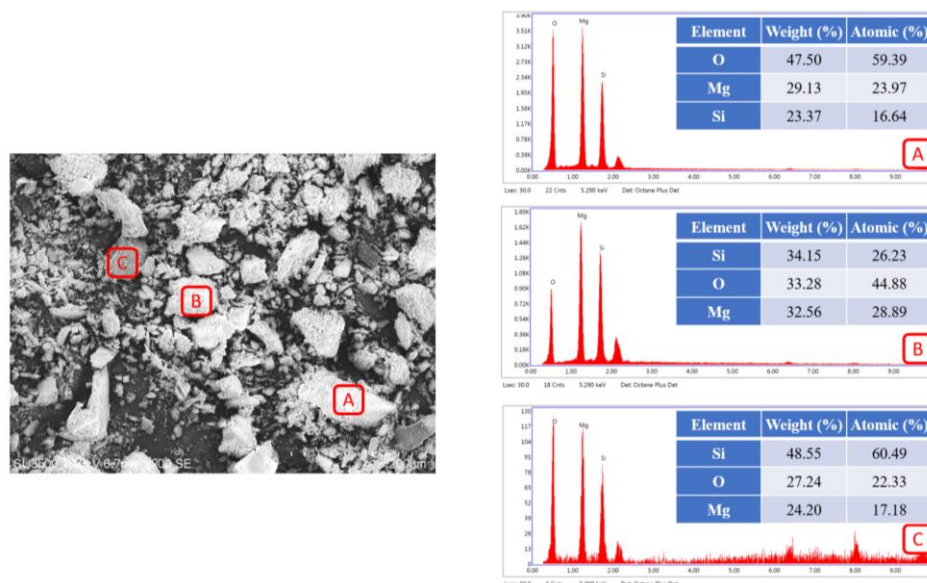


圖 2 Mg-Si-O 粉末特徵與EDX 分析

將原礦粉末 5 g 浸泡在 60 °C 食品級檸檬酸錳溶液（濃度為 5 wt.%，體積為 100 ml）中 1 小時後，讓原始礦粉吸附錳離子，之後，再過濾出浸鍍的粉末，分別進行 400 °C-1 小時及 600 °C-1 小時與 800 °C-1 小時的大氣烘烤與燒結，因為粉末含有錳元素，稱為矽酸錳鎂粉末，以代號 Mg-Si-Mn-O-400 與 Mg-Si-Mn-O-600 及 Mg-Si-Mn-O-800 表示 [13]。實驗發現，高溫烘烤與燒結可提高粉末結晶性，圖 3 為 Mg-Si-Mn-O-400 粉末特徵（烘烤燒結：400 °C-1 小時），可發現原礦石粉末表面鬆散現象大幅減少，可觀察到粉末具有層狀結構，巨觀的層間距離約為 1 微米。這些層狀組織具有三項特點：（一）容易在粉末燒結後出現，可說明燒結能燒損低熔點雜質，並提高粉末結晶度。（二）容易釋放：鎂離子。（三）容易吸附：錳離子。

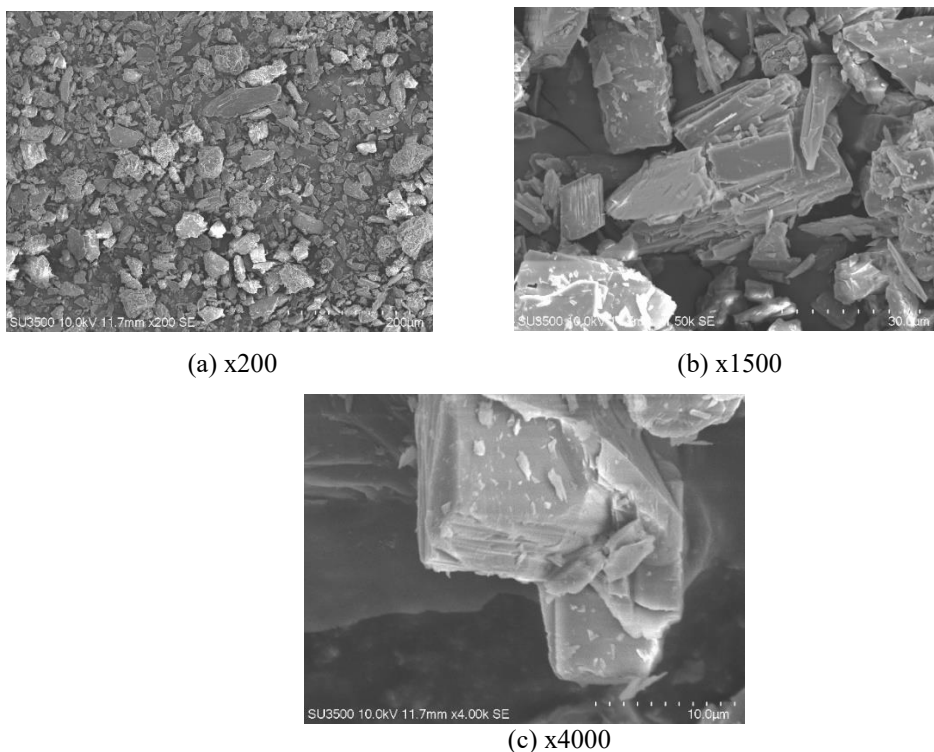


圖 3 Mg-Si-Mn-O-400 粉末特徵



圖 4 為 Mg-Si-Mn-O-400 粉末特徵 (烘烤燒結條件：400 °C-1 小時) 與多區域的化學成分分析光譜，可以發現粉末表面具有 Mg, Si, Mn, O 元素，其中 Mn 含量達 40-47 wt.%，可說明該粉末吸附錳離子，並遷入矽酸鹽表面晶格中。實驗提高烘烤燒結溫度條件為 600°C-1 小時 (圖 5)，經比對分析顯示，Mg-Si-Mn-O-400 粉末特徵與 Mg-Si-Mn-O-600 粉末相似，但表面錳含量有降低趨勢 (3-35 wt.)，而且數據變動大。圖 6 為 Mg-Si-Mn-O-800 粉末特徵 (烘烤燒結條件：800 °C-1 小時)，發現層狀結晶現象增加，值得注意的是，表面錳含量低 (<2 wt.)，推論錳離子在 800 °C 高溫下發生燒損，導致表面結晶錳含量降低。

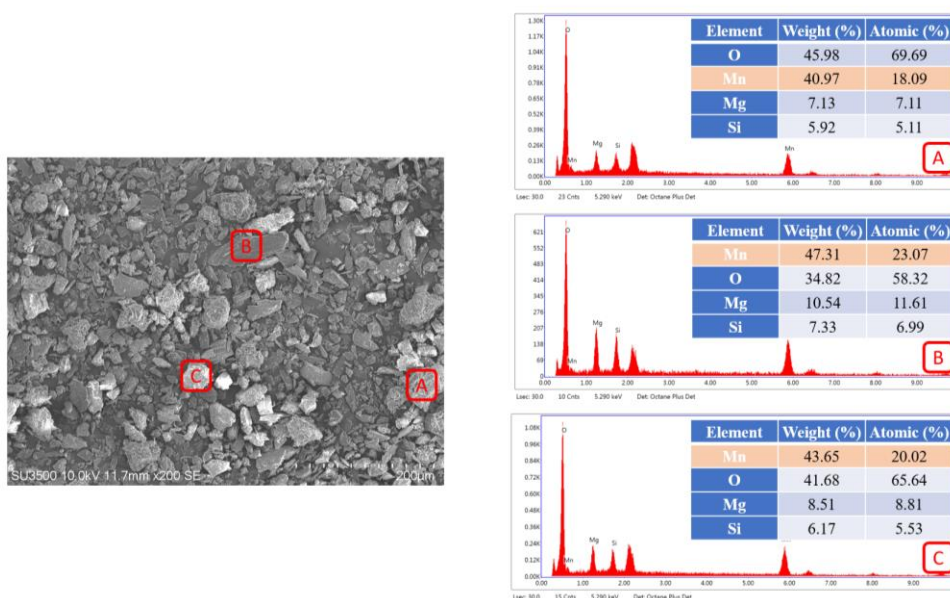


圖 4 Mg-Si-Mn-O-400 粉末特徵與 EDX 分析

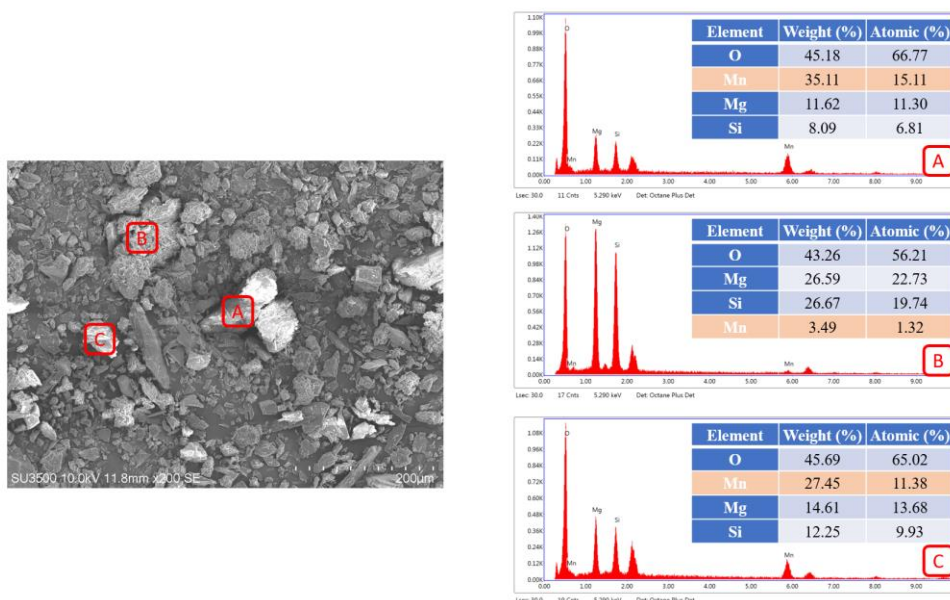


圖 5 Mg-Si-Mn-O-600 粉末特徵與 EDX 分析

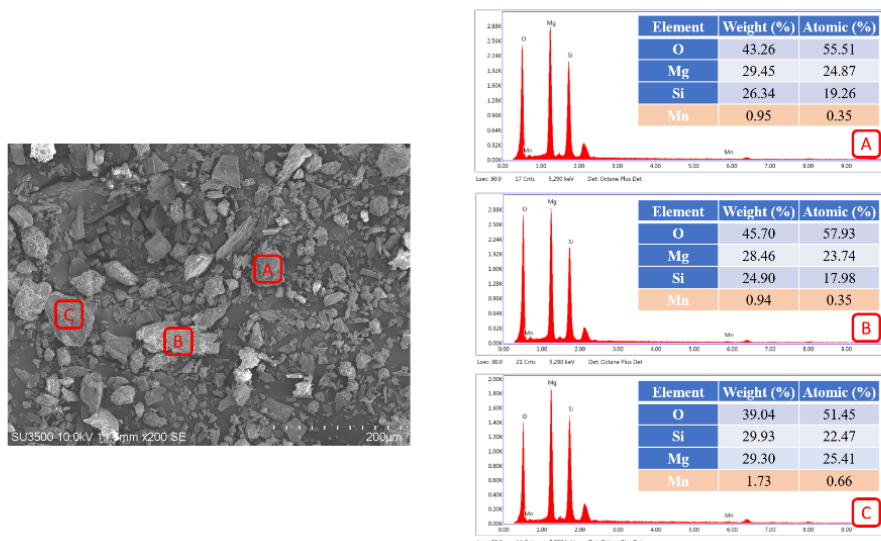


圖 6 Mg-Si-Mn-O-800 粉末特徵與 EDX 分析

考量 800 °C 高溫烘烤燒結無法提升粉末表面的錳含量，因此研究選擇 Mg-Si-Mn-O-400 粉末與 Mg-Si-Mn-O-600 粉末進行後續實驗分析。圖 7 為各粉末的 XRD 繞射圖，比對發現：(一) 烘烤燒結製程可提高相結晶度。(二) 經錳改質粉末可生成：錳化合物相，其 Mg-Si-Mn-O-400 繞射強度高於 Mg-Si-Mn-O-600 粉末，顯示 400 °C-1 小時粉末之錳化合物體積率較高。

圖 8 為各粉末的 FTIR，圖 8 (a) 顯示 Mg-Si-O 粉末圖譜，圖 8 (b)(c) 分別為 Mg-Si-Mn-O-400 與 Mg-Si-Mn-O-600 粉末圖譜，可以確認蛇紋岩粉末結構經過烘烤燒結後並無顯著改變。各粉末 Raman 圖譜 (圖 9) 顯示，Mg-Si-O 粉末與 Mg-Si-Mn-O 粉末具有些微差異性，主要理由是：(一) 燒結過程把粉末化合物相穩定性提高，(二) 表面鎂錳化合物貢獻。

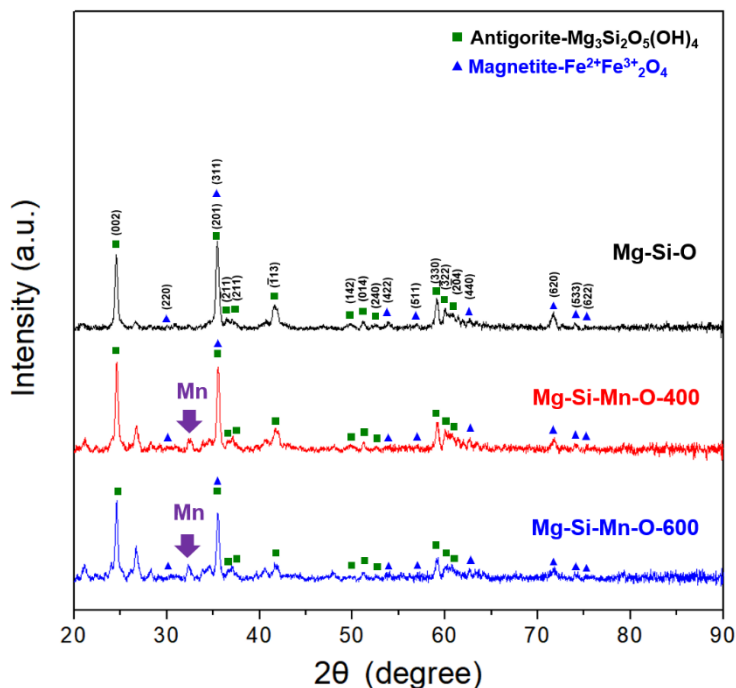


圖 7 Mg-Si-O 與 Mg-Si-Mn-O 粉末 XRD 分析

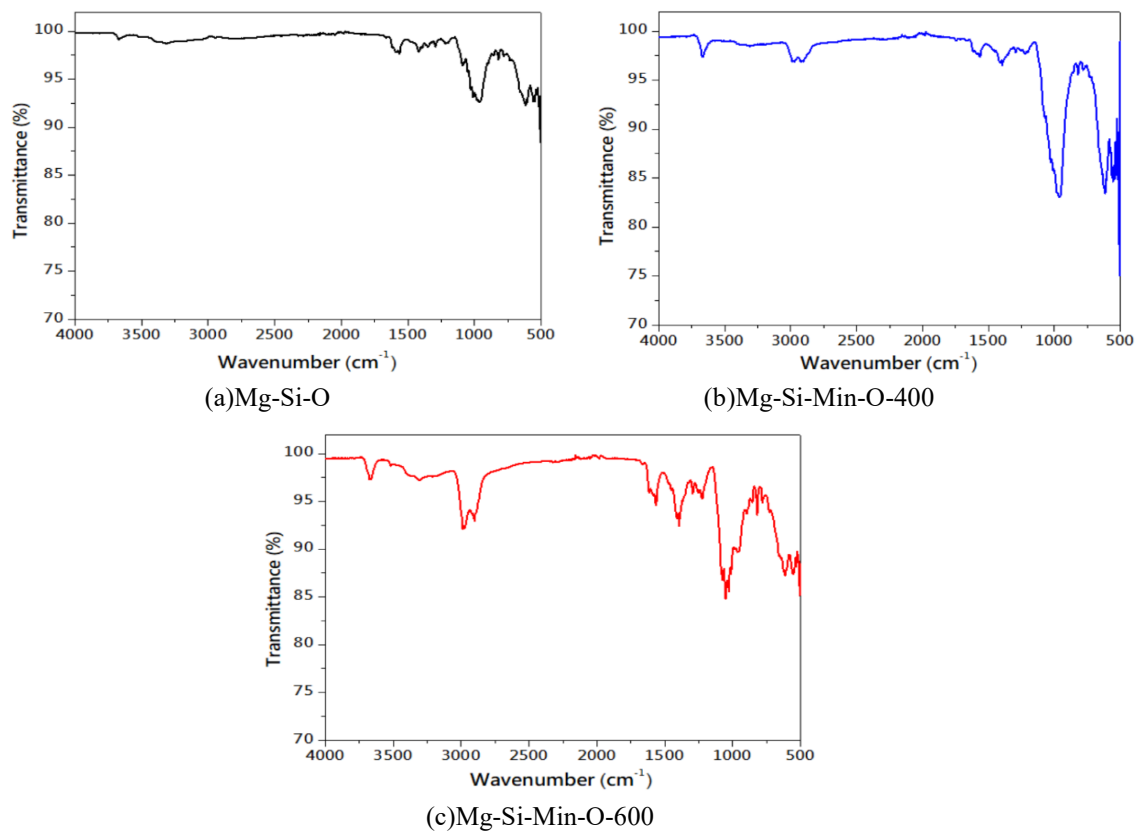


圖 8 FTIR

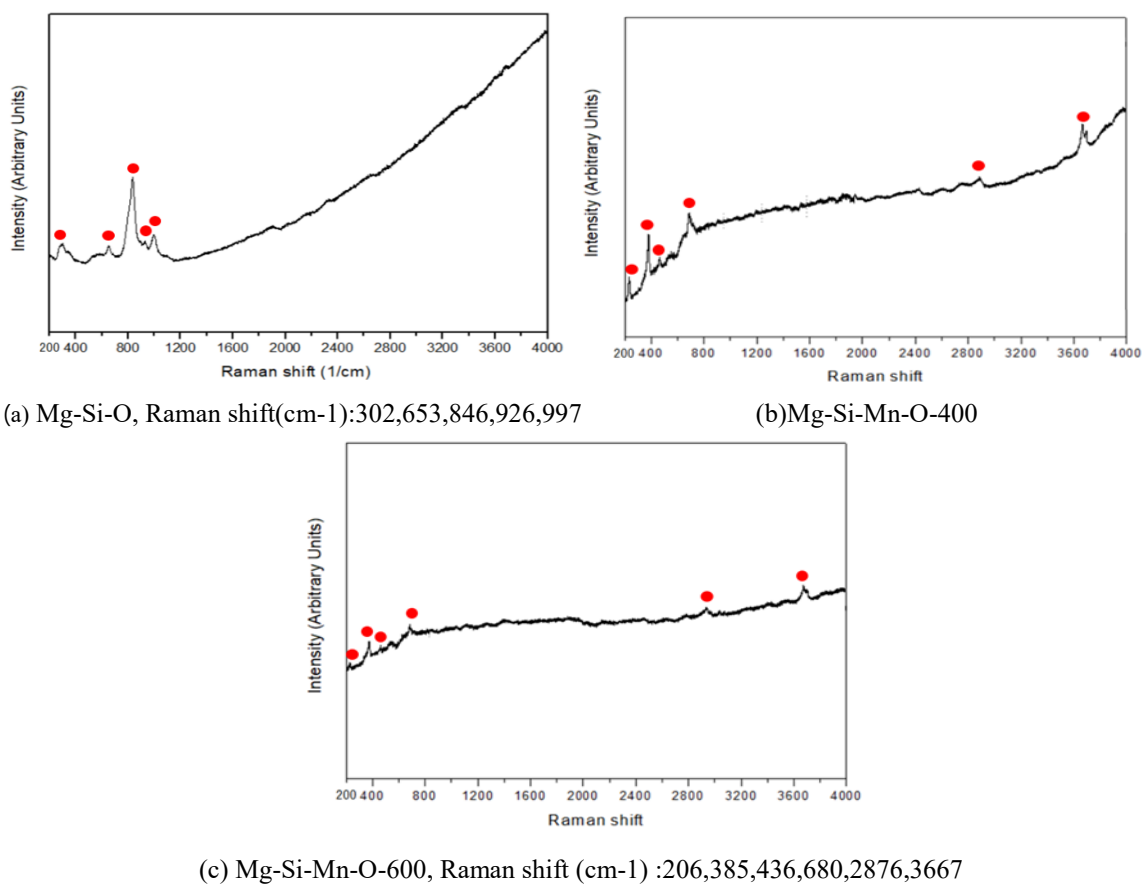


圖 9 粉末 Raman 分析



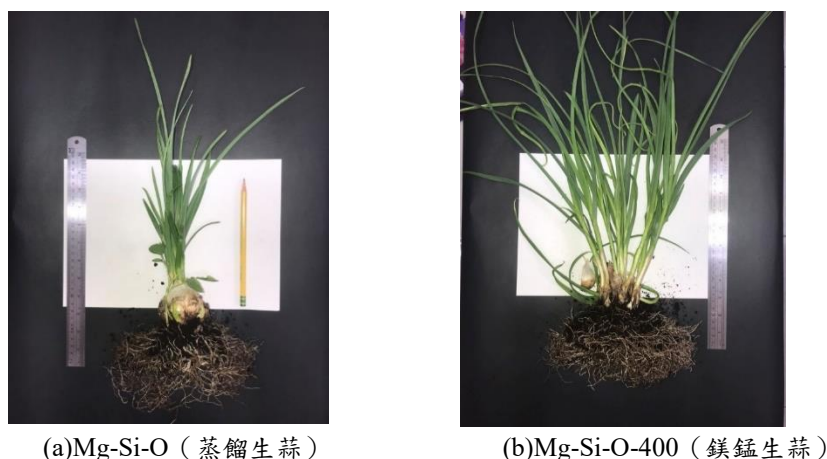


圖 10 蒜頭成長型態

## 二、鎂錳蒜頭種植與成長特性

將 Mg-Si-O 粉末與 Mg-Si-Mn-O 粉末進行離子釋放試驗，實驗選用粉末 5 g，浸泡 60 °C 蒸餾水 100 mL 中 1 小時，靜置後取樣分別進行 ICP 測量鎂與錳離子濃度。試驗結果如表 1 所示，發現浸鍍與烘烤燒結後，粉末的鎂離子釋放濃度呈現，先增加後減少趨勢，說明高溫燒結提高粉末結晶度，但粉末結構的層間距離容易崩塌，導致鎂離子釋放能力降低。另一方面，由於粉末表面有浸鍍吸附的錳離子，經過烘烤燒結後，表面錳離子隨著燒結溫度提升造成燒損逸散，使得粉末表面的錳元素含量降低，也影響錳釋放能力受到影響。

由於粉末釋出能力與粉末的體表面積具有密切關係，表 2 顯示 Mg-Si-O 粉末與 Mg-Si-Mn-O 粉末的體表面積，顯示 Mg-Si-Mn-O 粉末的數值均高於 Mg-Si-O 粉末。對應前述的粉末特徵（圖 3），可發現高溫燒結可以把鬆散粉末型態轉換為緊實塊狀結構，不僅可以提高結晶度，也能彰顯粉末層狀結構（增加表面粗糙度），進而提高粉末體表面積與優化離子釋放能力。

表 1 原始粉末與烘烤燒結粉末之離子溶出率

mg/ L	Mg-Si-O	Mg-Si-Mn-O-400	Mg-Si- Mn-O-600	Mg-Si- Mn-O-800
Mg ion	80.33	110.92	133.81	90.18
Mn ion	N/A	38.76	16.59	1.90

表 2 原始粉末與烘烤燒結粉末之體表面積

	Mg-Si-O	Mg-Si-Mn-O-400	Mg-Si- Mn-O-600	Mg-Si- Mn-O-800
m <sup>2</sup> / g	42.82	61.50	60.92	56.47

表 3 培養土成份分析與 pH 值

	Na	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	pH
mg/ g	10.2	35.4	158.2	111.7	0.5	1.6	0.8	0.0	7.2

經過比對計算，確認 Mg-Si-Mn-O-400 粉末具最佳鎂與錳離子釋放能力，後續實驗以此粉末進行鎂錳水製備，並搭配培養土進行蒜頭種植。鎂錳水製備條件為 Mg-Si-Mn-O-400 粉末 5 g，浸泡 60 °C 蒸餾水 100 mL 中 1 小時，再稀釋成 1000 mL，獲得天然鎂錳水（水中富含鎂與錳離子，並非合成藥劑）。另外，為客觀評估離子輸送效應，實驗針對培養土進行化驗，結果如表 3 所示，說明培養土為中性土壤（pH 7.2），含有多量的鉀與鈣離子，值得注意的是，鎂離子含量極低（0.5 mg/ g），錳元素並未檢出。

蒜頭種植分成：（一）實驗組（鎂錳水），（二）對照組（蒸餾水）。蒜頭熟成採收後特徵如圖 9，二者都是生蒜頭，對比後可以發現實驗組（鎂錳水）蒜頭之根鬚與蒜瓣較多。將新鮮蒜頭（生蒜）稱為濕蒜，

將蒜頭進行大氣自然乾燥 7 日後稱為乾蒜。實驗量測濕蒜與乾蒜之含水率，並以液相層析質譜儀分析：(一) 鎂錳濕蒜，(二) 蒸餾濕蒜，(三) 鎂錳乾蒜，(四) 蒸餾乾蒜之大蒜素與硫化物含量，量測數據如表 4 所示。

由蒜頭萃取液之鎂及錳離子濃度與組成物含量分析數據(表 4)可確認下列四點：(一) 鎂錳蒜頭含有鎂元素(38-43 mg/L)與錳元素(11-17 mg/L)。(二) 鎂錳蒜頭具較多大蒜腺體與硫化物含量。(三) 自然乾燥後，鎂錳蒜頭的大蒜腺體不易分解(濕蒜：12.85 mg/g，乾蒜：11.40 mg/g)。(四) 鎂錳蒜頭含水率高於蒸餾蒜頭，顯示鎂錳蒜頭之抗氧化能力高。

表 4 蒜頭萃取液之鎂及錳離子濃度與組成物含量分析

	Mg ion (mg/L)	Mn ion (mg/L)	大蒜素腺體 (mg/g)	硫化物 (mg/g)	含水率 (%)
鎂錳濕蒜	38.22	17.42	12.85	8.53	42.15
蒸餾濕蒜	1.81	0	10.14	7.34	40.57
鎂錳乾蒜	42.92	11.72	11.40	8.04	26.00
蒸餾乾蒜	0.46	0	5.70	6.01	24.28

## 肆、結論與展望

本研究將天然蛇紋岩磨成粉末，利用粉末工程技術製備天然鎂錳離子水，進而導入農業種植具有健康價值的鎂錳蒜頭，從而調查鎂錳蒜頭成長特性，獲得具體三點結論：(一) 確立粉末表面改質條件，隨著燒結溫度增加，可提高鎂錳粉末結晶度與離子釋放能力。(二) Mg-Si-Mn-O-400 試片保有層狀結構特性與高體表面積，具有優異鎂與錳離子釋放能力。(三) 相較於蒸餾水種植蒜頭(蒸餾蒜頭)，以天然鎂錳離子水種植的鎂錳蒜頭有較高抗氧化特性，且含有較多大蒜腺體與硫化物等，可供應食用而增強身體抵抗力與預防疾病。

本研究領域跨足礦石資源，材料粉體工程，農業，生物技術等領域，並導入具有養身效應的蒜頭種植，研究開發出：全球首創的鎂錳蒜頭。(已經獲證：鎂農產商標與鎂離子水發明專利)，後續可以延申應用到休閒健康蒜頭推廣應用平台。

## 參考文獻

- [1] Labu, Z.K. (2019). Proven health benefits of garlic-a review. [https://www.researchgate.net/publication/330761861\\_Proven\\_Health\\_Benefits\\_of\\_Garlic-A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/330761861_Proven_Health_Benefits_of_Garlic-A_Review)
- [2] Petrovska, B.B., & Cekovska, S. (2010). Extracts from the history and medical properties of garlic. *Pharmacogn Rev.*, 4(7), 106–110.
- [3] Zhang, Y., Yao, H.P., Huang, F.F., Wu, W., Gao, Y., & Chen, Z.B (2008). Allicin, a major component of garlic, inhibits apoptosis in vital organs in rats with trauma/hemorrhagic shock. *Crit Care Med*, 36, 3226–32.
- [4] Supakul, L., Pintana, H., Apaijai, N., Chattipakorn, S., Shinlapawittayatorn, K., & Chattipakorn, N. (2014). Protective effects of garlic extract on cardiac function, heart rate variability, and cardiac mitochondria in obese insulin-resistant rats. *Eur. J. Nutr.*, 53(3), 919–28.
- [5] Padiya, R., Khatua, T.N., Bagul, P.K., Kuncha, M. & Banerjee, S.K. (2011). Garlic improves insulin sensitivity and associated metabolic syndromes in fructose fed rats. *Nutr Metab (Lond)*, 8, 53. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-8-53>

- [6] Madkor, H.R., Mansour, S.W., & Ramadan, G. (2010). Modulatory effects of garlic, ginger, turmeric and their mixture on hyperglycaemia, dyslipidaemia and oxidative stress in streptozotocin–nicotinamide diabetic rats. *Br. J. Nutr.*, *105*(8), 1210–1217.
- [7] Alesci, A., Fumia, A., Lo Cascio, P., Miller, A., & Cicero, N. (2022). Immunostimulant and antidepressant effect of natural compounds in the management of Covid-19 symptoms. *J Am Nutr Assoc.*, *41*(8), 840–854. <https://doi.org/10.1080/07315724.2021.1965503>
- [8] Wallace, T.C. (2020). Combating COVID-19 and building immune resilience: A potential role for magnesium nutrition. *J Am Coll Nutr.*, *39*(8), 685–693. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1785971>
- [9] Kiss, S.A., Forster, T., Dongó, A. (2004). Absorption and effect of the magnesium content of a mineral water in the human body. *J Am Coll Nutr.*, *23*(6), 758S–762S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719424>
- [10] Micke, O., Vormann, J., & Kisters, K. (2021). Magnesium and COVID-19—some further comments—A commentary on Wallace TC. combating COVID-19 and building immune resilience: A potential role for magnesium nutrition? *J Am Coll Nutr.*, *40*(8), 732–734. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1816230>
- [11] Morandi, N., & Felice, G. (2018). Serpentine minerals from veins in serpentinite rocks. *Mineral. Mag.*, *43*(325), 135–140. <https://doi.org/10.1180/minmag.1979.043.325.13>
- [12] Harrison, B.M. & Priest, F.G. (2009). Composition of peats used in the preparation of malt for Scotch whisky production—Influence of geographical source and extraction depth. *J. Agric. Food Chem.*, *57*(6), 2385–2391. <https://doi.org/10.1021/jf803556y>
- [13] Funakawa, S., Kosaki, T., Watanbe, T., Sugihara S., Kazumichi, F., Shibata, M., Nakao, A., Shinjo, H., Sawada, K., Chie, H., Nishigaki, T., Tanaka, S., Lyu, H., Yonebayashi, K., Zheng, J., Takata, Y., Hirai, H., Kadono, A., Takeda, A.... Izawa, S. (2016). Does soil chemical characteristics affect the brewer's rice quality? A case study in Hyogo prefecture. *Int. J. Tour. Sci.*, *9*, 125–129.
- [14] Emami S.M., Ramezani A., & Nemat S. (2017). Sintering behavior of waste serpentine from Abdasht chromite mines and kaolin blends. *Ceram. Int.*, *43*(7), 15189–15193. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.08.051>