

利用農業廢棄物研發抑病介質與有機添加物

黃振文^{1,2}、彭玉湘¹

¹ 台中市 國立中興大學 植物病理學系

² 連絡作者，電子郵件：jwhuang@dragon.nchu.edu.tw

摘 要

農業廢棄物蘊含有豐富的微生物與有機成分。將它們妥善的堆肥化處理，不但可降低環境污染的衝擊外，尚可研製優良的有機堆肥與栽培介質，創造農業資源的永續利用。筆者研究發現香菇太空包廢棄物堆肥具有顯著抑制西瓜蔓割病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)，甘藍苗根瘤病菌(*Plasmodiophora brassicae*)，番茄根腐病菌(*Pythium myriotylum*)及番茄根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*)等引起的病害；此外，金針菇生長過的基質所製成的堆肥尚可保護豌豆根系免於拉草與丁基拉草的毒傷。利用農業廢棄物的抑菌特性與其豐富的微生物資源，筆者已成功研製 SSC-06、FBN-5A 及 THC-23 等種抑菌介質與有機添加物；它們均具有促進農作物生育與減少病害發生的效果。綜合一系列的研究證實抑病介質與有機添加物的防病原理，主要與其組成資材的化學成分及其原棲居或新導入之微生物間存在有密切的相關性。

關鍵詞：農業廢棄物、抑菌介質、植物病害防治、資源永續

緒 言

地球是一個具有生命力的有機體，它的健康與否關係著自然資源的永續。Loehr 氏⁽¹⁷⁾與 Hoitink&Fahy 氏⁽¹²⁾等認為妥善處理農業廢棄物，進而調製有益作物生長或具有防治植物病害功效的栽培介質與有機添加物，是維繫農業永續及資源管理的可行方向之一。二十世紀初葉，Sanford 氏⁽²⁰⁾利用

綠肥添加物防治馬鈴薯瘡痂病(*Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waks & Henrici)的報導，給予從事防治土壤傳播性病害的研究者一個啟示：「適當的經營與管理土壤，可有效控制土壤的環境，並抑制作物根部病害的發生」。隨後，植病學者已漸重視某些作物殘渣、樹皮堆肥及污泥等具有防治作物土媒病原的特性。Malek 與 Gartner⁽¹⁸⁾指出闊葉樹皮堆肥可以抑制 *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus penetrans* 及 *Trichodorus christiei* 等線蟲。Tamura 與 Taketani 兩氏⁽²³⁾報導樹葉與稻殼堆肥防治十字花科根瘤病(*Plasmodiophora brassicae*)的效果顯著優於鋸木屑堆肥。邱氏⁽³⁾發現香菇太空包堆肥具有抑制西瓜蔓割病、胡瓜猝倒病及番茄根腐病等效果，此外，黃氏等⁽¹⁰⁾證明金針菇太空包堆肥可以紓解拉草毒傷豌豆根系。因此，筆者曾嘗試利用農業廢棄物的抑菌與抑病特性，系列開發數種栽培介質與有機添加物產品，具有增強農作物發育與減少病害發生的效果。本文主要的目的在於介紹栽培介質的問題，抑病介質之調製與應用流程及相關產品之抑病原理，祈有助於農業廢棄物的再生利用與協助農業的永續經營。

栽培介質的問題

理想的栽培介質應具備有優良的物理性、化學性、生物性及經濟性。優良介質的物理特性包括有良好的通氣性和保水力，若介質乾燥後其再濕性較差時，極易導致幼苗失水萎凋，是介質不可忽視的重要問題。選擇通氣性佳和不易崩解的介質，可大大地減少植株根系不缺氧、腐爛或生育不良的百分率。因此，在考量介質的物理性狀上大多傾向選擇多孔性物質、低總體密度及不易崩解的材質。優良介質的重要化學特性包括適當的酸鹼度、導電度(EC)、陽離子交換能力、營養元素含量及不具有毒物等特性。一般無機介質在應用上因缺乏均衡的營養，容易造成植株缺肥與發育不良的現象。此外，介質含有過多或過少營養元素對作物的生長也都有不良影響。堆積不完全的資材，充作栽培介質，常含有大量有毒的酚類化合物，會抑制種子的發芽或毒害幼苗的生育。另外，介質中攜有害的病原微生物、雜草種子及蟲卵是不可忽視的重要問題，例如進口的栽培介質常攜帶有鏟

胞菌(*Fusarium spp.*)、立枯絲核菌(*Rhizoctonia solani*)及腐霉菌(*Pythium spp.*)等植物病原菌成為種苗病害的重要初次感染源。

抑病介質與添加物的開發

一、抑病介質配方的設計原則

配製良好的抑菌介質猶如中醫師調配中藥材一樣，必須兼顧主劑與藥引子的搭配。因此，開發抑病介質與添加物的研究流程與設計原則如下：
1.選定目標，進行文獻蒐集與專家諮商；2.擬定主配方資材的種類與數量，找尋無副作用之資材；3.針對標的病原篩選與決定主配方資材的濃度；4.篩選與添加副方資材，用以提昇製劑的功效；5.執行一系列溫室與田間試驗評估製劑的效果，並逐一修正配方。

二、研發抑病介質與添加物的考量

栽培介質的質材可區分為無機和有機兩大類。無機介質所指的是砂類、泥土、蛭石、珍珠石、煤渣、礦渣、浮石、人造土、岩棉及發泡煉石等。這類介質的特色是不具分解性。有機介質則包括泥炭類、蛇木屑、水草及各種農工廢棄物如樹皮、稻桿、米糠、花生殼、玉米穗軸、甘蔗渣、菜籽粕、蓖麻粕、黃豆粕、木屑、椰子殼、污泥、廢棄菇類太空包培養基、蝦蟹殼粉、魚粉、禽畜糞便等，此類資材具有保肥及保水的特性。研發抑菌介質為達防治病害的效果，乃在於其組成份中的氮肥經硝化作用後，產生有害氣體，直接殺滅病原菌為主；此外，以有機質提供土壤微生物之營養源，大量誘生有益微生物競生，或分解產生毒害物質以降低病原菌之族群數量，並強化作物對病原菌之抗性為輔。因此，選用資材方面必須考量下列幾點：

(一) 有機質與無機化合物的特性—依有機質的碳氮比可將資材略分為二類：
1.含高量碳源之木屑、穀殼、稻草、蔗渣及花生殼等，可增加土壤之物理性；
2.含高量氮源之雞糞、豬糞、牛糞、米糠、豆粕、魚粉、

血粉及骨粉等，可提供微生物作用之需。有機物在栽培介質中的角色以增加物理結構及促進微生物增殖為主。致於無機化合物中之氮、磷、鉀、鈣肥則是植物生長的必要元素。其中氮肥可促進植物的生長，但過量使用氮肥會使植物組織結構鬆散，而易遭受病原菌的為害；然而，有些氮肥如尿素在分解過程中，會產生氨氣，具有毒殺病原菌的作用。磷肥在生物代謝過程中的地位非常重要，尤其對促進作物根部生長之效果明顯。鈣肥除可增加作物對病原菌的抗病性外，並可降低病原菌的為害。選擇無機化合物時，應考慮各種元素所扮演的角色，適度調整其在添加物中之比例。

- (二) 對標的植物及根圍病原菌生長的影響—土壤添加物中含有氮、磷、鉀、鈣肥料成份。其中氮肥可改變寄主抗病性及病原菌的致病性，並間接促進土壤微生物的作用，因而降低病害的發生。氮的型態可影響病原菌在土壤中的存活、發芽及生長，尤其是氨(ammonia)具殺菌能力，常被用來防治病害。鉀可直接抑制病原侵入作物，並可阻止病原菌在作物組織內繁殖、蔓延及棲息等作用。一般而言，施用腐熟的有機質對植物生長有利，但是在組合土壤添加物時，不能只取腐熟過的資材，因其抑菌能力有限。在篩選有機質對病原菌生長的影響時，應一併考慮其抑菌特性及增加土壤微生物族群數量等方面的效果，才能準確地選出所需的有機質。
- (三) 對土壤理化及生物性的影響—對大部份土壤病原菌而言，土壤 pH 值可左右其活性，土壤 pH 值高於 7.0，則多數鐮胞病菌、立枯絲核菌等植物病原菌之活力會顯著降低；此外，若土壤中含有有機態氮時，高土壤 pH 值可加速氨化作用的產生，將氮肥分解進而釋出氨氣，直接殺滅存於土壤中之病原菌，達到病害防治之效果。另外，土壤中施用硝酸態氮後，可促進土壤中拮抗菌族群的增加，進而抑制多種病害的發生。

抑病介質與添加物的篩選方法與步驟

簡易檢測介質與添加物資材的抑菌功效，首須在介質資材中接種植物病原菌後，定時採用生物檢定分析，比較植物病原菌在各介質資材中的存活動態，及探討介質的抑菌圖譜，將可加速抑病介質的調製。此外，抑病介質與添加物的篩選步驟應涵蓋：(一) 測定各種介質與添加物資材對園藝及農藝作物幼苗發育的影響，(二) 評估各種資材抑制作物根部病原的效果，(三) 比較不同堆積腐熟程度的資材對作物幼苗與其根部病害發生的影響，(四) 檢測資材中蘊含之有益拮抗微生物的活性。

抑病介質與添加物的調製與應用

筆者利用農業廢棄物研製抑病介質與添加物的三種產品，其組成分述如下：

- (一) SSC-06 介質：係由腐熟香菇太空包堆肥、炭化稻穀、蝦蟹殼粉及血粉調製而成⁽⁷⁾。
- (二) FBN-5A 介質添加物：係由香菇太空包廢棄基質、魚粉、骨粉、血粉、菜籽粕、硝酸氮與丙烯醇組合而成⁽²¹⁾。
- (三) THC-23 微生物堆肥介質：係由滅過菌之金針菇堆肥接種 *Trichoderma harzianum* T23 調製而成⁽⁹⁾。

在室內評估具有抑菌潛力的介質資材時，有時需加入適當比例的添加物，才可以有效提升其防病的功效。然後，將不同組合的介質進一步移至溫室與田間進行比較試驗，藉以瞭解最佳組合之介質的防病功效與其對作物種苗生育的影響，即可發展出優良的抑菌介質。邱氏⁽³⁾利用香菇太空包廢棄堆肥及金針菇太空包廢棄堆肥作為培育蔬菜種苗的介質時，發現此兩種介質均具有顯著抑制西瓜蔓割病，甘藍苗根瘤病與西瓜、蕃茄、甘藍及甜椒根瘤線蟲病等效果。此外，香菇太空包廢棄堆肥尚具有抑制番茄根腐病的功效。黃氏⁽⁶⁾利用腐熟香菇太空包廢棄堆肥與碳化稻殼按體積三比一的比率混合成 SSC-05 介質，再添加 0.1%~0.5%(w/v)的骨粉、魚粉、牛血粉、菜籽粕或硝酸氮、香菇太空包廢棄堆肥與丙烯醇等混伴而成的 FBN-5A，添

加在進口的 BVB No.4 介質中可增進百合苗的發育⁽²¹⁾。另外，FBN-5A 介質具有防治甘藍立枯病(*R. solani* AG-4)、蔬菜菌核病(*Sclerotinia sclerotiorum*)或降低蘿蔔黃葉病(*F. oxysporum* f. sp. *raphani*)及萵苣萎凋病(*F. oxysporum* f. sp. *lactucae*)的發生率；1%FBN-5A 尚可完全抑制田間雜草如馬齒莧、龍葵、鱧腸、尖瓣花等種子的發芽。SSC-06 介質具有抑制甘藍立枯病(*R. solani* AG-4)及抑制 *Pythium myriotylum* 為害番茄與甜椒幼苗的功效。THC-23 微生物堆肥介質可快速有效減輕拉草殺草劑對豌豆根系的毒害。

抑病介質與添加物的抑菌原理

抑病介質與添加物經常是由二種以上的有機物與無機物組合而成，可以有效抑制病原菌的存活，增強微生物的活力，與促進植物的生育。一般而言，優良的抑病介質與添加物之抑菌與防病作用常隨標的病原菌種類與不同添加物的處理而有所差異。香菇太空包廢棄堆肥抑制番茄根腐病菌(*Pythium myriotylum*)的效果係由於介質中存在有酚類化合物可抑制 *Pythium myriotylum* 之游走子的發芽百分率及其發芽管長度，進而使植株免受根腐病菌的為害。

SSC-06 與 FBN-5A 防治甘藍立枯病菌的原理，在於其成分中含有蝦蟹殼粉與血粉可釋放氨氣，以毒傷或弱化 *R. solani* AG-4；此外，微生物族群在該製劑內部的變動與消長，以及其所含的抑菌成分，均是阻撓 *R. solani* AG-4 纏據甘藍幼苗的重要原因^(7,22)。FBN-5A 配方中，發現丙烯醇可誘發大量 *Trichoderma* spp. 的增殖⁽¹⁴⁾。顯然，抑病介質的防病原理是介質資材的化學成分與其原棲居或導入之微生物共同表現的結果。

金針菇太空包堆肥配合 *T. harzianum* T23 製成的 THC-23，可以有效紓解拉草對豌豆根系的毒傷現象⁽¹⁴⁾。另外，研究發現單獨接種具有分解拉草能力的 *T. harzianum* T23 孢子懸浮液於含有拉草的土壤中，該菌株無法有效保護豌豆根系免於拉草的毒傷；惟添加微生物的 THC-23 堆肥介質卻可有效減輕拉草對豌豆根系的傷害。若添加消毒過的金針菇堆肥於含有拉草的滅菌土中，經過 7 天後，發現該堆肥無法有效降低拉草在土中的殘留量⁽⁹⁾。顯

然，土壤微生物需要藉由金針菇堆肥維持它們增殖的生命活力；致於金針菇堆肥則須有土壤微生物的輔助，兩者才能共同發揮紓解拉草毒傷豌豆的功效⁽⁹⁾。

結 論

妥善處理農業廢棄物，將有助於自然資源的永續利用，本文的報導可以歸納成下列四個結論，即(1)妥善處理農業廢棄物可降低環境污染的沖擊；(2)農業廢棄物可研製成有機肥、抑菌（病）栽培介質與防治作物病害的有機添加物等；(3)調製農業廢棄物成為介質與有機添加劑的三個基本原則：(a)產品可以培育健康種苗及農作物，(b)產品具有抑制或殺滅植物病原的優良效果，(c)產品可以維護生態平衡，使環境污染的沖擊降至最小；(4)農業永續經營的過程務必重視各種農業廢棄物的特有成分與微生物資源的研發與利用。

引用文獻

1. 王才義。1993。農作廢棄物作為容器栽培介質有機成分之探討。園藝作物生產與發展研討會專刊。P.69-82。國立中興大學園藝系編印。
2. 李昱輝。1996。黃后日衛矛苗枯病之防治試驗。國立中興大學植物病理學系碩士論文。
3. 邱安隆。1996。利用農工廢棄物研製可供培育蔬菜種苗之抑病介質。國立中興大學植物病理學系碩士論文。
4. 陳士略。1996。金針菇廢棄堆肥作為育苗介質之研究。國立中興大學園藝系碩士論文。
5. 黃振文。1996。農業廢棄物防治作物病害展望。植物保護新科技研討會專刊。P151-157。台灣省農業試驗所編印。
6. 黃振文。1993。開發有機添加劑防治作物病害的系列研究。永續農業研討會專集第 227-237 頁。台中區農改場出版。

7. 黃振文、石信德、蕭芳蘭。1996。抑菌介質的調配與應用。健康清潔植物培育研習會專刊第 149-153 頁。中華民國植物病理學會編印。
8. 黃振文、胡建國。1996。除草劑促進植物病害發生的副作用與防治法。除草劑安全使用及草類利用管理研討會專刊第 373-381 頁。中華雜草學會出版。
9. 黃振文、胡建國、石信德。1996。土壤微生物在金針菇太空包廢棄堆肥紓解拉草毒傷豌豆根系所扮演的角色。植病會刊 5:137-145。
10. 黃錦河。1995。本土化蔬菜穴盤育苗介質之開發利用。國立中興大學園藝系碩士論文。
11. Fryer, L. 1986. The New Organic Manifesto. Published by Earth Foods Associates, Wheaton, Maryland.
12. Hoitink, H. A. J., and Fahy, C. P. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. Annu. Rev. Phytopathol. 24: 93-114.
13. Huang, H. C., and Huang, J. W. 1993. Prospects for control of soilborne plant pathogens by soil amendment. Cur. Top. Bot. Res. 1:223-235.
14. Huang, H. C., Huang, J. W., Saindon, G., and Erickson, R. S. 1997. Effect of allyl alcohol and fermented agricultural wastes on carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* and colonization by *Trichoderma* spp. Can. J. Plant Pathol. 19:43-46.
15. Huang, J. W., and Huang, H. C. 2000. A formulated container medium suppressive to *Rhizoctonia* damping-off of cabbage. Bot. Bull. Acad. Sin. 41:49-56.
16. Irving, G. 1970. Agricultural pest control and the environment. Science 168:1419-1424.
17. Loehr, R.C. 1974. Agricultural waste management. Academic Press. London.
18. Mark, R. B., and Gartner, J. B. 1975. Hardwood bark as a soil amendment for suppression of plant parasitic nematodes on container grown plant. HortScience 10: 33-35.

19. Papavizas, G. C. 1975. Crop residues and amendments in relation to survival and control of root-infection fungi: an introduction. Page 76 *in*: Biology and Control of Soilborne Plant Pathogens. Am. Phytopathol. Soc., St. Paul. MN. 216pp.
20. Sanford, G. B. 1926. Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. *Phytopathology* 16:528-547.
21. Shiau, F. L., Chung, W. C., Huang, J. W., and Huang, H. C. 1997. Improvement of a growth medium for cultivation of vegetable seedlings. *Plant Prot. Bull.* 39:402-403.
22. Shiau, F. L., Chung, W. C., Huang, J. W., and Huang, H. C. 1999. Organic amendment of commercial culture media for improving control of *Rhizoctonia* damping-off of cabbage. *Can. J. Plant Pathol.* 21:368-374.
23. Tamura, M., and Taketani, K. 1977. Biology and control of clubroot of Chinese cabbage in the Ishikawa Prefecture. *Ishikawa Pref. Agric. Exp. Stn. Bull.* 9:1-26.

Development of Container Medium and Organic Amendment With Agricultural Wastes

Huang, Jenn-Wen^{1,2} and Peng, Yu-Hsinag¹

¹Department of Plant Pathology, National Chun Hsing University,
Taichung 402 Taiwan

²Corresponding author, Email: jwhuang@dragon.nchu.edu.tw

ABSTRACT

Agricultural wastes such as rice straw, rice hull, peanut husk, corn cob, bagasse, rape-seed pomace, castor seed pomace, tree bark, mushroom growth medium waste and shrimp shell powder are widely used in land reclamation and in production of horticultural crops. They benefit crop production by improving soil fertility, increasing soil fertility, increasing soil organic matter and, in many instances, reducing the incidence of soilborne diseases. Several container media and organic amendments, e.g. SSC-06, FBN-5A, and THC-23 mixtures have been formulated by using agricultural wastes and fertilizers for the management of crop diseases in Taiwan. Most of the formulated products were designed to maximize the harmful effect on target pathogens and maintain soil fertility with minimal negative impacts on the agroecosystem. The mechanisms by which container media and soil amendments affect plant pathogens can be simple or complex depending on the pathogen. In some cases, control is achieved by direct killing of the pathogen propagules, in other cases, disease suppression is the result of a combination of multiple factors, including direct poisoning of the pathogen and indirect effects by enhanced microbial activity and improved vigor of plants.

Key words: agricultural wastes, container medium, Plant Disease Control, sustainable agriculture.