

農業廢棄物防治作物病害的展望

黃 振 文

國立中興大學植病系

摘要：稻稈、稻殼、花生殼、玉米穗軸、甘蔗渣、菜籽粕、蓖麻粕、樹皮、廢棄菇類太空包培養基、畜禽糞便、蚵殼粉、血粉、魚粉與蝦蟹殼粉等農業廢棄物均蘊含有豐富的微生物與有機成分。將它們妥善的堆肥化(composting)處理，不但可降低環境污染的衝擊外，還可研製成優良的有機堆肥，成為作物有機生產的原動力。此外，農業廢棄物可堆積製成種苗之抑菌(病)栽培介質，並可充作紓解殺草劑殘留量毒傷作物根系或防治作物病害的有機添加劑。其中研發本土化抑菌(病)介質時，發現採用七個香菇栽培農場之未堆積香菇太空包廢棄堆肥培育甘藍種苗，證明各農場的廢棄堆肥均呈現抑制種苗發育的現象；惟將該等廢棄堆肥添加硝酸銨與過磷酸鈣後，經過堆積零至十二星期，結果發現堆積的時間長短會顯著影響香菇太空包廢棄堆肥培育甘藍種苗的效果，其中尤以堆積十二星期的香菇太空包廢棄堆肥最有利於甘藍種苗的發育。然而，不同堆積時間的香菇太空包廢棄堆肥卻不具有抑制甘藍立枯病(*Rhizoctonia solani* AG-4)的效果。將腐熟香菇太空包廢棄堆肥與炭化稻殼按體積三對一的比率混合成SSC-05介質，然後各別添加0.1~0.5%(w/v)的骨粉、魚粉、牛血粉、菜籽粕或0.2~1.0%(w/v)的蝦蟹殼粉後，發現處理蝦蟹殼粉、牛血粉與菜籽粕一星期者，可顯著減少甘藍種苗感染立枯病菌的效果。至於研發有機添加劑時，發現在土壤添加1~5%(w/w)的金針菇太空包廢棄堆肥，可顯著保護豌豆根系免於拉草與丁基拉草的毒傷。若以香菇與金針菇太空包廢棄堆肥培育蔬菜種苗，證明這兩種堆肥可有效防治十字花科蔬菜根瘤病菌(*Plasmodiophora brassicae*)，西瓜根瘤線蟲(*Meloidogyne incognita*)與西瓜蔓割病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)等引起的病害。為了研發農業廢棄物成為多元化與合理化的作物病害防治製劑，因此將農業廢棄物與工業廢物、化學肥料及微生物等均勻配製成S-H, SF-21, GS與FB N-5A等合成土壤添加物(formulated soil amendments)或在24~28°C，經過30~45天醱酵處理成CF-5與CH-100等合成有機添加劑(formulated organic adjuvants)。茲分別介紹各添加劑的組成成分與功效如下：S-H混合物是由甘蔗渣、稻殼、蚵殼粉、尿素、矽酸鹽渣與硝酸鉀等組合而成，可以在田間有效防治西瓜蔓割病、蘿蔔黃葉病(*F. oxysporum* f. sp. *raphani*)、瓜類猝倒病(*Pythium aphanidermatum*)及甜椒白絹病(*Sclerotium rolfsii*)等。SF-21混合物含有松樹皮、甘油、硫酸銨、氯化鈣、氯化鉀與硫酸鋁等，可以有效防治*R. solani*, *P. aphanidermatum*及*F. moniliforme* var. *subglutinans*三者引起之濕地松苗猝倒病。FBN-5A混合物是由魚粉、骨粉、血粉、菜籽粕、硝酸銨、香菇太空包廢棄堆肥與丙烯醇等均勻拌合而成，具有防治豌豆立枯病(*R. solani*)及萎凋病(*F. oxysporum* f. sp. *pisi*)的效果。此外，CF-5是FBN-5A混合物在水中醱酵30天的產物，它可防治甘藍立枯病外，還具有紓解草脫淨(50ppm)毒傷豌豆植株的效應。CH-100是S-H混合物、甘藍下位葉殘體、菸葉渣、氯化鈣與牛肉煎汁等經過醱酵45天後的濾液、再混合加入0.5%(v/v)酒精所製成的產物，具有促進西瓜、甜椒、甘藍等種苗的發育，提高梨、柑桔、葡萄與枇杷等果實的甜度與品質，並可防治梅黑星病(*Venturia carpophila*)，梅、李白粉病(*Podosphaeria tridactyla*)與韭菜銹病(*Puccinia allii*)等。顯然，妥善處理農業廢棄物不僅可以避免自然資源的浪費，提昇環境生態的品質外，而且還可有效防治作物病害，進而維護農業的永續經營。

關鍵詞：農業廢棄物、有機添加物、本土化介質、非農藥防治法、永續農業。

前 言

目前本省農作物栽培過程與農田生態環境，常出現下列幾項值得我們關注的問題：即(1)育苗介質攜帶或污染植物病原菌如 *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp.與 *Fusarium* spp.等，極易引起種苗猝倒病和立枯病的發生；(2)殘留農藥污染農田，直接或間接傷害輪作作物的根系，如拉草與丁基拉草的殘留量可導致稻田裡作或後作之豌豆根系的褐變壞死；(3)過度施用化學肥料，引起土壤酸化，降低農田的地力；(4)鉅量廢棄菇類太空包培養基堆置農田，造成環保隱憂；(5)土壤傳播性植物病原叢生，使得作物根部病害發生頻繁。因此筆者嘗試利用農業廢棄物研發本土化抑病(菌)栽培介質或防治作物病害的土壤有機添加物，藉以達成資源永續與降低農田污染的目標。

農業廢棄物的種類與用途

農業廢棄物有稻稈、稻殼、花生殼、玉米桿、玉米穗軸、甘蔗渣、菜籽粕、蓖麻粕、樹皮、廢棄菇類太空包培養基、畜禽糞便、蚵殼粉、血粉、魚骨粉與蝦蟹殼粉等等。這些廢棄物經過堆積發酵後，可調製成堆肥或栽培介質。此外，農業廢棄物也具有防治植物病害的功效，例如：水稻田施用谷殼可以減輕水稻稻熱病與紋枯病的發生；金針菇太空包廢棄堆肥具有紓解丁基拉草與拉草毒傷豌豆根系的功效；香菇太空包廢棄堆肥可有效抑制番茄根腐病(*Pythium myriotylum*)的發生。因此，筆者與多位學者嘗試綜合利用各種農業廢棄物的特殊成分與優點，積極研發本土化的抑菌(病)介質，如SSC-06介質，及調製廣效性的土壤有機添加物，如S-H、SF-21、LT、CH-1、GS與CF-5等混合物(表一與表二)。這些合成介質與添加劑有的已正式商品化，亦有的尚在室內與溫室內進行防病效果評估中。

合成介質與添加物的研發步驟

抑菌(病)介質與添加物的研發步驟可歸納成下列五點：即(1)首先評估農業廢棄資材對作物生育、促進拮抗微生物與抑制作物病原的效應；(2)調製有效農業廢棄資材的協力組成百分比，藉以提昇防病的功效及降低施用量與成本；(3)在溫室與田間瞭解如何有效應用合成介質與添加物防治作物病害；(4)探討合成介質與添加物防治作物病害的理論基礎；(5)研究影響合成介質與添加物防治作物病害的因子。由於有些農業廢棄資材隱含有不有利於作物生育的雜菌或植物病原菌或是存在有抑制作物生育的化學成分，因此在調配介質或添加物之前，應先將那些農業廢資材做適當的堆積與發酵處理，才能使用。例如香菇太空包廢棄堆肥、金針菇太空包廢棄堆肥與靈芝太空包廢棄堆肥等，均應經過補充微量氮素或微量元素及調整水分含量達45~60%(w/w)後，經過一段時間的堆積與發酵後，才能成為合成介質與土壤添加物的資材。筆者曾經研究香菇太空包廢棄堆肥的堆積時間長短與其栽植之甘藍幼苗發育間的相關性，發現香菇太空包廢棄堆肥經過十二週的堆積之後，其培育之甘藍幼苗並不遜於或甚且優於生長在荷蘭泥炭苔者。顯然，農業廢棄資材對於作物生育的評估是研發優良介質與土壤添加物的首要步驟。

表一、七種防治土媒植物病原菌的添加物組成配方

Table 1. Ingredients of seven formulated products for control of soilborne plant pathogens⁽²⁵⁾

Designation	Disease controlled	Ingredients	Reference
S-H mixture	Several diseases (see Table 2)	4 kg bagasse, 84 kg rice husks, 42.5 kg oyster shell powder, 82.5 kg urea, 10 kg potassium nitrate, 132 kg calcium superphosphate and 605 kg mineral ash.	30,23
SF-21 mixture	Damping-off of slash pine	150 kg aluminum sulfate, 25 kg potassium chloride, 30 kg calcium chloride, 10 kg triple superphosphate, 35 kg ammonium sulfate, 750 kg milled pine bark, and 750 L glycerine (10%).	27
LT mixture	Parasitic nematodes of citrus	40 kg shrimp/crab shell meal, 40 kg castor pomace, 10 kg marine algae powder, 5 kg soybean meal and 5 kg molasses.	2
AR-3 mixture	Southern blight of lily	35 kg cattle manure, 10 kg chaff, 10 kg crab shell meal, 5 kg urea, 3 kg calcium superphosphate, 1 kg potassium chloride and 36 kg mineral ash.	1
CH-1 mixture	Bacterial wilt of tomato	30 kg castor pomace, 20 kg crab meal, 10 kg bone meal, 36 kg mineral ash, 2 kg ammonium sulfate, 0.8 kg glycerol and 1.2 kg L-valine.	23
GS mixture	Pythium pod rot	4 kg gypsum, 15 kg rice husks, 8.5 kg sulfur, 7 kg oyster shell powder, 6.5 kg dry fish meal, 4 kg tobacco grounds and 5 kg complex fertilizer No.43.*	17,18
CF-5 liquid	Rhizoctonia blight of kale and peas	25 kg dry fish meal, 20 kg waste mushroom manure, 5 kg oyster shell powder, 1 kg sugar, 30 kg lime and 240 L water fermented at 24-28 C for 1 month and then mixed with 10% (v/v) allyl alcohol.	Huang & Yang (unpublished)

* Complex fertilizer No. 43 is a product of the Taiwan Fertilizer Company containing N,P,K, and Mg.

表二、在田間利用S-H混合物防治土媒蔬菜病害的效果

Table 2. Control of soilborne vegetable crop diseases by amendment of soil with S-H mixture in fields (Huang, 1991)

Crop	Disease name (pathogen)	Disease incidence (%)	
		Amended	Nonamended
Chinese cabbage	Clubroot (<i>Plasmodiophora brassicae</i>)	1.6 b*	46.0 a
Cucumber	Damping-off (<i>Pythium aphanidermatum</i>)	13.0 b	89.0 a
Watermelon	Wilt (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>)	32.1 b	81.5 a
Radish	Wilt, yellows (<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>)	20.0 b	58.3 a
Pea	Wilt (<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i>)	46.0 b	76.0 a
Pepper	Southern blight (<i>Sclerotium rolfsii</i>)	0.6 b	11.7 a
Bean	Rhizoctonia blight (<i>Rhizoctonia solani</i>)	1.2 b	14.5 a

* Means followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$). (Student's t-test).

介質與土壤添加物防治作物病害的原理

在介質與土壤中添加有機物或無機物，可以增強土壤微生物的活力與競爭作用，並誘使植物病原菌受害及促進作物生育。一般言之，在優良的介質與合成土壤添加物中，常含有兩種以上的有機物及無機物，因此它們防病與抑菌的原理常隨添加物與病原菌種類的不同而有所差異。筆者研發的SSC-06介質，是香菇太空包廢棄堆肥中添加牛血粉、蝦蟹殼粉、炭化稻殼與微量的生石灰組合而成，因此它防治甘藍苗立枯病菌(*Rhizoctonia solani* AG-4)的原因，在於介質內部微生物族群的更動外，牛血粉與蝦蟹殼粉兩種添加物可放出氨氣，具有毒傷或弱化 *R. solani* AG-4 生育的效果；此外，該介質內也隱含有不少未知成分的抑制物質，亦是抑菌的可能原因之一。往昔筆者研究S-H與SF-21兩種混合物的防病原理時，發現兩者抑菌的原因是下列數因子綜合表現的結果：

即(1)混合物內的無機鹽類可直接抑制病原菌，並可調整土壤的酸鹼值；(2)混合物可增加土壤中有益微生物的數量，進而抑制或瓦解病原菌；(3)混合物含豐富的營養及多種微量元素，可補充作物生長的需要，增加作物根系的發育。

結 論

自然環境是一個有生命的有機體，它的健康與否關係著地球生命的永續，因此，從事農業經營的各階層人士與科學家們，均應體認農業永續對自然環境的重要性。尤其面對著農業廢棄物的污染問題及自然資源的流失，均不可等閒視之。為了有效管制農業廢棄物，筆者僅提出下列四個淺見，希望對於農業資源的永續利用，具有棉薄的助益，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)調製農業廢棄物成爲介質與有機添加劑的參個基本原則：(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。

參考文獻

1. 杜金池、謝廷芳、蔡武雄。1992。利用合成土壤添加物防治百合白絹病。中華農業研究 41 : 280-294。
2. 林奕耀、蔡東纂。1990。本省柑桔類線虫病害之發生及以有機添加物之防治。植保會刊 32 : 338 (摘要)。
3. 孫守恭。1989。土壤添加物在病害防治之應用。有機農業研討會專集 141-155。台中區農改場編印。彰化。
4. 孫守恭、黃振文。1986。S-H土壤添加物的發展與運用。興大農業 1 : 6-9。
5. 黃振文、孫守恭、莊慶芳。1986。蘿蔔黃葉病綜合防治之研究。植保會刊28(1) : 80-91。
6. 黃振文。1991。利用土壤添加物防治作物之土壤傳播性病害。植保會刊 33 : 113-123。
7. 黃振文、孫守恭。1991。影響S-H混合物防治西瓜蔓割病的因子。植保會刊 33(3) : 231-238。
8. 黃振文、孫守恭、E. G. Kuhlman。1992。研製土壤添加物防治作物土媒病害。農業資材對環境之影響研討會論文集 p83-116。台北。
9. 黃振文。1992。利用合成植物營養液綜合管理蔬菜種苗病蟲害。植保會刊34 : 54-63。
10. 黃振文、陳美杏、楊尙勳。1992。合成植物營養液對防治韭菜銹病的連鎖效應。植保會刊 34 : 257-265。
11. 黃振文。1992。發展有機添加劑培育健康而強壯的農作物。興農月刊 288 : 65-67。
12. 黃振文。1993。殺草劑對豌豆幼苗生長及其根部病原菌的影響。植保會刊 35 : 163-175。
13. 黃振文、黃錦河。1994。從土壤添加物管理作物病害的研究趨勢找到永續農業的務實訊息。農藥世界 126 : 27-31。
14. 黃振文、胡建國、曾德賜、黃錦河。1995。土壤添加金針菇太空包廢棄堆肥紓解拉草毒傷豌豆幼苗的效應。植病會刊 4 : 76-82。

15. 黃振文、黃錦河。1995。殺草劑促進豌豆立枯病發生的機制。植保會刊37 : 107-116。
16. 黃振文、蔡東纂、高清文、孫守恭。1995。作物病害綜合管制之實例。植保會刊 37 : 15-27。
17. 陳世雄、黃振文。1992。土壤添加物防治大粒種落花生莢果黑斑病之研究。(I)對落花生罹病率及產量之影響。農林學報 41(2) : 77-83。
18. 陳世雄、黃振文。1992。土壤添加物防治大粒種落花生莢果黑斑病之研究。(II)石膏與其合成土壤添加物對落花生罹病率及產量之影響。農林學報 41(3/4) : 59-64。
19. 楊盛行。1995。廢棄物堆肥化微生物菌種之開發及應用。永續農業研究及推廣研討會專輯 P. 47-65。中華永續農業協會與台中區農改場編印。彰化。
20. 蕭芳蘭、黃振文、林俊義。1993。栽培介質對番茄萎凋病發生的影響。植保會刊 35 : 157-162。
21. 蕭芳蘭、黃振文、高清文。1994。番茄萎凋病抑病介質的抑菌特性。植保會刊 36 : 271-279。
22. 顏吉甫、陳昇明、楊策群。1983。穀殼利用之研究：水稻田施用穀殼的效益及抵抗病害之研究。中華農學會報新 124 : 19-30。
23. Chen, C. C., Hsu, S. T., Huang, J. W., and Tzeng, K. C. 1991. Effect of formulated soil amendment on root-colonizing ability of fluorescent *Pseudomonads*. *Plant Prot. Bull.* 33(4) : 421(abst.).
24. Cook, R. J., and Baker, K. F. 1983. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. The American Phytopathological Society, St. Paul. MN.
25. Huang, H. C. and Huang, J. W. 1993. Prospects for control of soilborne plant pathogens by soil amendment. *Current Topics in Bot. Research Vol. 1* : 223-235.
26. Huang, J. W. 1994. Control of Chinese leek rust with a plant nutrient formulation. *Plant Pathol. Bull.* 3(1) : 9-17.
27. Huang, J. W. and Kuhlman, E. G. 1991. Formulation of a soil amendment to control damping-off of slash pine seedlings. *Phytopathology* 81 : 163-170.
28. Huang, J. W. and Kuhlman, E. G. 1991. Mechanisms for inhibiting damping-off pathogens of slash pine seedlings with a formulated soil amendment. *Phytopathology* 81 : 171-177.
29. Papavizas, G. C. 1975. Crop residues and amendments in relation to survival and control of root-infecting fungi : An introduction. Page 76 *in* : G. W. Bruehl, ed. *Biology and Control of Soilborne Plant Pathogens*. The American Phytopathological Society, St. Paul. MN.
30. Sun, S. K. and Huang, J. W. 1983. Effect of soil amendments on *Fusarium* wilt of watermelon. *Plant Prot. Bull.* 25 : 127-137.
31. Sun, S. K. and Huang, J. W. 1985. Formulated soil amendment for controlling *Fusarium* wilt and other soilborne diseases. *Plant Dis.* 69 : 917-920.
32. Sun, S. K. and Huang, J. W. 1985. Mechanisms of control of *Fusarium* wilt disease by amendment of soil with S-H mixture. *Plant Prot. Bull.* 27 : 159-169.

Prospects for Use of Agricultural Wastes for Control of Crop Diseases

Jenn-Wen Huang

Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

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 organic matter and, in many instances, reducing the incidence of soilborne diseases. Several container media and organic adjuvants, e.g. SSC-06, S-H, SF-21, LT, AR-3, CH-1, GS and FBN-5A 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 amendments and 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, organic farming, sustainable agriculture.