

「第十二屆海峽兩岸土壤肥料學術交流研討會」暨
「土壤肥料推廣研發成果發表會 及
友善環境農業資材栽培管理研討會」

2018 年 10 月 15~18 日

主辦單位：中華土壤肥料學會、中國土壤學會、中華肥料協會、臺灣大學農業化學系

協辦單位：中興大學土壤環境科學系、嘉義大學農藝學系、宜蘭大學森林暨自然資源學系、屏東科技大學水土保持系、財團法人和諧有機農業基金會

補助單位：行政院農業委員會農糧署、行政院科技部



「第十二屆海峽兩岸土壤肥料學術交流研討會」暨

「土壤肥料推廣研發成果發表會及友善環境農業資材栽培管理研討會」議程

日期：2018年10月15-16日（星期一、星期二）

會議地點：集思臺大會議中心（蘇格拉底廳、米開朗基羅廳、亞歷山大廳）

2018年10月15日（星期一）				
8:30-8:50	報到、繳費、壁報論文張貼			
8:50-9:10	開幕式與來賓致詞	臺灣大學生農學院 盧虎生 院長 中華土壤肥料學會 許正一 理事長 中國土壤學會 徐建明 副理事長 中華肥料協會 吳正宗 理事長 財團法人和諧有機農業基金會 黃山內 董事長		蘇 格 拉 底 廳
9:10-9:35	專題演講(I) 現在及未來之土壤微生物研究及發展	主講人： 楊秋忠 院士	主持人： 許正一 理事長	
9:35-10:00	專題演講(II) 全球尺度長期施肥的土壤微生物生態效應	主講人： 徐建明 教授/副理事長		
10:00-10:30	互贈禮物、團體照與茶敘			
會議室	蘇格拉底廳		米開朗基羅廳	
主 題	土壤基礎研究（一）		土壤肥力與施肥技術（一）	
主持人	李達源 特聘教授、徐建明 副理事長		王鐘和 教授、巨曉棠 教授	
時 間	題 目	發表人	題 目	發表人
10:30-10:45	我國典型黃壤有機碳庫對長期不同施肥的回應	秦松	Managing Chinese N-circle in a sustainable way	巨曉棠
10:45-11:00	氣候、土壤、作物之間氮形態契合的意義	張金波	秸稈覆蓋還田對坡耕地油菜-玉米輪作系統氮磷流失的阻控效果研究	夏穎
11:00-11:15	Effect of poultry litter biochar application on the growth of cabbage (<i>Brassica Chinensis</i> L.) in red soils	蔡呈奇	有機栽培蔬菜園土壤肥力即時偵測技術研發與應用	王鐘和
11:15-11:30	淋洗後污泥對土壤中三種蔬菜種子發芽的影響	黃麗	南亞熱帶杉木人工成熟林密度對土壤養分效應研究	段愛國
11:30-11:45	過硫酸鹽處理對蛇紋岩土壤釋出重金屬的影響	許正一	增值肥料在廣東的應用效果研究	彭智平
11:45-12:00	綜合討論		綜合討論	
12:00-14:00	午 餐			
12:00-12:30	中華土壤肥料學會 一〇七年度會員大會	主持人：許正一 理事長 各委員會及秘書處會務報告		蘇格拉底廳
13:00-14:00	壁報論文發表（請作者在場說明）（亞歷山大廳）			

2018年10月15日(星期一)				
會議室	蘇格拉底廳		米開朗基羅廳	
主 題	土壤汙染與整治技術(一)		土壤生態與微生物利用(一)	
主持人	蔡呈奇 教授、嚴衛東 副秘書長		楊秋忠 教授、王輝 研究員	
時 間	題 目	發表人	題 目	發表人
14:00-14:15	樂樹對 Cd 的耐性、富集及脅迫回應研究	王平	粘細菌是一種與細菌群落結構密切相關、農田土壤中廣泛分佈的微生物	王輝
14:15-14:30	水分管理對不同水稻品種稻穀鎘累積的影響-田間試驗	許健輝	棘孢木黴菌 (<i>Trichoderma asperellum</i>) 對番茄養分吸收和萎凋病的影響	黃政華
14:30-14:45	施用氯化鐵對不同水稻品種吸收鉛的影響	杜沛蓉	半結球萵苣於鄰苯二甲酸二丁酯暴露下之植生復育與蛋白質體差異	廖健森
14:45-15:00	DGT 和化學提取法評價貴州赫章土法煉區污染土壤中鎘的植物吸收有效性	宋靜	次生林不同疏伐處理初期對土壤微生物群落結構的影響	吳羽婷
15:00-15:15	Immobilization of heavy metals by different biochars in water and two soils	蔡呈奇	我國設施農業環境酞酸酯狀況及人體暴露研究	黃標
15:15-15:30	綜合討論		綜合討論	
15:30-15:45	茶 敘			

2018年10月15日(星期一)				
會議室	蘇格拉底廳		米開朗基羅廳	
主 題	土壤基礎研究(二)		土壤肥力與施肥技術(二)	
主持人	簡士濠 副教授、李虎 副研究員		林雅芬 助理教授、楊利 研究員	
時 間	題 目	發表人	題 目	發表人
15:45-16:00	滴灌施肥條件下設施黃瓜生長季土壤 N ₂ O 和 NO 排放觀測研究	李虎	化肥減量配合紫雲英翻壓還田對水稻生長及土壤養分的影響	楊利
16:00-16:15	自由樑護坡土壤碳存量回復之研究	郭玉麟	菇包廢棄物衍生之生物炭對促進堆肥腐熟化之研究	劉瑞美
16:15-16:30	凋落物分解轉化為土壤固碳能力的控制機制及其預測	張斌	長期秸稈還田對水稻-小麥輪作制鉀平衡和土壤鉀含量的影響	林志貝
16:30-16:45	規模化豬場糞汗廢水生物聚沉氧化處理: 生產性實驗	周立祥	黃土高原流域尺度土壤養分流失預測	黃明斌
16:45-17:00	綜合討論		綜合討論	
17:00-18:00	臺灣大學校園導覽			
18:00-21:00	大會歡迎晚宴			

2018年10月16日(星期二)				
8:30-9:00	報 到			
會議室	蘇格拉底廳		米開朗基羅廳	
主 題	土壤資訊與管理應用		土壤汙染與整治技術(二)	
主持人	申雍 教授、雷秋良 副研究員		劉雨庭 助理教授、魏樹和 研究員	
時 間	題 目	發 表 人	題 目	發 表 人
9:00-9:15	基於資料庫驅動技術的土壤圖注記自動配置系統的設計與實現	雷秋良	污染土壤植物修復與安全利用研究	魏樹和
9:15-9:30	利用無人機監測不同氮肥施用量之水稻生長特性	申雍	台灣重金屬(鎘和砷)污染農地改善和管理技術之回顧與展望	李達源
9:30-9:45	湖北省農田地表徑流氮磷流失量特徵及空間分異	范先鵬	鈍化劑對重金屬污染石灰性土壤鎘鉛鈍化效果	趙鵬
9:45-10:00	江漢平原稻-麥輪作農田地表徑流氮磷流失規律研究	張富林	高錳酸鉀與水鐵礦優化深藍紅藻累積鉛之機制	劉雨庭
10:00-10:15	臺灣農地土壤剖面品質指標及評估系統之建立	李家興	高原湖濱濕地挺水植物磷、砷吸收分配特徵	劉云根
10:15-10:30	綜合討論		綜合討論	
10:30-10:45	茶 敘			

2018年10月16日(星期二)				
會議室	蘇格拉底廳		米開朗基羅廳	
主 題	土壤肥力與施肥技術(三)		土壤改良與土壤物理	
主持人	李家興 博士、劉冬碧 研究員		鄒裕民 教授、彭新華 研究員	
時 間	題 目	發表人	題 目	發表人
10:45-11:00	長期秸稈還田對水稻-小麥輪作制作物品質的影響	劉冬碧	Rare earth oxides as tracers for studying aggregate turnover: bridging soil physical and biological processes	彭新華
11:00-11:15	水庫淤泥再利用於水泥噴凝植生敷蓋技術中養份釋出之評估	李家興	Effects of in-situ applying poultry-litter biochar on soil quality and growth of water spinach	賴鴻裕
11:15-11:30	地膜覆蓋結合秸稈隔層對鹽鹼土水鹽運移及作物生長的影響	李玉義	利用生物炭吸附酚酸類化合物改良特定作物連作障礙問題	鄒裕民
11:30-11:45	基於種養結合的畜禽糞尿農用地承載力現狀分析	武淑霞	Changes in soil properties under Eucalyptus plantations relative to Pinus massoniana plantations and natural broadleaved forests in South China	曾曙才
11:45-12:00	綜合討論		Phytate induced arsenic uptake and plant growth in arsenic-hyperaccumulator <i>Pteris vittata</i>	劉雪
12:00-12:15			綜合討論	
12:15-14:00	午餐			
12:15-12:45	中華肥料協會 一〇七年度會員大會	主持人：吳正宗 理事長 各委員會及秘書處會務報告	蘇格拉底廳	
13:00-14:00	壁報論文發表 (請作者在場說明)(亞歷山大廳)			

2018年10月16日(星期二)

會議室	蘇格拉底廳		米開朗基羅廳	
主 題	土壤基礎研究(三)		土壤肥力與施肥技術(四)	
主持人	賴鴻裕 副教授、梁永超 教授		王尚禮 教授、周衛 研究員	
時 間	題 目	發表人	題 目	發表人
14:00-14:15	設施栽培西瓜連作障礙土壤退化生態學機理及生態修復	吳洪生	施氮時期對花生產量及氮素吸收利用的影響	張翔
14:15-14:30	富鈣底質對香蒲磷吸收的影響研究	王妍	聚磷酸銨液體肥在設施蔬菜上的應用研究	王麗英
14:30-14:45	節水灌溉對稻米產量及溫室氣體排放之影響	徐仲禹	吉林春玉米的施肥效果、養分需求與肥料利用效率	高強
14:45-15:00	Effects of nitrogen compounds addition on micronutrient uptake by grass species in a meadow steppe	姜勇	Physiological and Molecular Responses of <i>Arabidopsis thaliana</i> Exposed to Technology-critical elements Gallium	王尚禮
15:00-15:15	溫室栽培中土壤溫度對氮肥利用率與作物產量的影響	段增強	葉面噴施矽、硒聯合水管理對水稻鎘吸收轉運特徵的影響	周靜
15:15-15:30	黃淮海北部缺水區農田犁底層現狀及其特徵	逢煥成	鈣、鎂、鉀對水稻幼苗鎘毒性與吸收之影響	莊愷璋
15:30-15:45	江漢平原水稻季灌排單元溝渠中氮磷變化特徵及其環境風險	翟麗梅	化學肥料減施增效調控途徑	周衛
15:45-16:00	綜合討論		綜合討論	
16:00-16:30	閉幕式、優秀壁報論文頒獎		許正一 理事長 徐建明 副理事長 吳正宗 理事長	蘇格拉底廳

「第十二屆海峽兩岸土壤肥料學術交流研討會」暨
「土壤肥料推廣研發成果發表會及友善環境農業資材栽培管理研討會」

壁報論文展示與討論

時間：2018年10月15、16日（星期一、二）

地點：集思臺大會議中心(亞歷山大廳)

編號	題目	作者	單位
01	生物炭原料與裂解溫度對臺灣農地土壤碳礦化作用的影響	張瑀芳 ¹ 、蔡呈奇 ^{1*} 、陳琦玲 ²	¹ 宜蘭大學森林暨自然資源學系 ² 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組
02	不同介質對草莓親株生長與走蔓增殖之影響	吳添益*、蔡正賢	苗栗區農業改良場
03	水稻鎘元素調控基因之遺傳歧異性與低累積選育模式	吳東鴻 ^{1*} 、杜沛蓉 ¹ 、吳佩真 ¹ 、許健輝 ² 、林毓雯 ² 、李長沛 ¹ 、賴明信 ¹	¹ 農業委員會農業試驗所作物組 ² 農業委員會農業化學組
04	高二氧化碳下接種Azotobacter spp.及氮肥施用量對水稻生長之影響	洪姿阡、陳宣如*、黃政華	中興大學土壤環境科學系
05	施用雞糞生物炭對溫室土壤性質及葉萵苣生長之影響	廖語妍 ¹ 、程梅萍 ² 、王尚禮 ³ 、游淳卉 ³ 、賴鴻裕 ^{1*}	¹ 中興大學土壤環境與科學系 ² 行政院農業委員會畜產試驗所 ³ 臺灣大學農業化學系
06	碳鐵比及pH對穩定可溶性有機質-鐵氫氧化物共沉澱物結構的影響	陳楷岳、鄒裕民*、劉雨庭、蕭傳諺	中興大學土壤環境科學系
07	沼渣有機肥料試製與作物生長初步驗證	孔祥丞 ¹ 、魏碧玉 ^{1*} 、朱盛祺 ² 、羅朝村 ³	¹ 工業技術研究院 材料與化工研究所 ² 苗栗區農業改良場 生物防治分場 ³ 虎尾科技大學 生物科技系
08	不同毛豆栽培種對鎘吸收能力之研究	毛壬杰 ^{1*} 、黃裕銘 ² 、黃政華 ² 、黃瑞彰 ¹ 、王聖善 ¹ 、吳東鴻 ³ 、林郁雯 ³	¹ 臺南區農業改良場 ² 中興大學土壤與環境科學系 ³ 農業試驗所

09	應用遙測資訊協助判識影響水稻產量土壤限制因子之研究	張郁婕、王依蘋、申雍*	中興大學土壤環境科學系
10	灌溉量與氮肥量對草莓親株生長與走蔓增殖之影響	吳添益*、蔡正賢	苗栗區農業改良場
11	以私稈全染色體置換系族群探勘鎘累積能力之定位研究	吳東鴻 ^{1*} 、杜沛蓉 ¹ 、吳佩真 ¹ 、許健輝 ² 、林毓雯 ² 、李長沛 ¹ 、賴明信 ¹	¹ 農業委員會農業試驗所作物組 ² 農業委員會農業化學組
12	可溶性有機質-鐵氫氧化物共沉澱物移除六價鉻之機制	陳楷岳、劉雨庭*、鄒裕民*	中興大學土壤環境科學系
13	香菇太空包生物炭對肥料之養分保存潛力探討	李雅筑、李鎮宇、許佩琪、陳世雄、劉瑞美*	嘉南藥理大學環境工程與科學系
14	施用雞糞生物炭、雞糞堆肥與兩者的混合物於酸性黏質紅壤中對土壤碳礦化作用與小白菜(<i>Brassica Chinensis L.</i>)生長的影響	張瑀芳、蔡呈奇*	宜蘭大學森林暨自然資源學系
15	以黏粒修飾電極法探討層面電荷對多巴胺電化學反應的影響	朱家瑩 ¹ 、陳鴻基 ¹ 、曾志明 ² 、郭冠億 ^{1*}	¹ 中興大學土壤環境科學系 ² 中興大學化學系
16	不同氮肥等級下水稻植體元素狀態監測技術之建立	林汶鑫 ¹ 、鄭春發 ¹ 、張芳瑜 ² 、林素汝 ¹ 、苗志銘 ¹ 、胡智傑 ^{2*}	¹ 屏東科技大學 ² 農業委員會高雄區農業改良場
17	兩種土壤添加不同粒徑生物炭量對小白菜生育評估	張耀聰*、王瓊慧	行政院農業委員會高雄區農業改良場
18	STICS 模式對台灣中部地區結球萵苣模擬效果之評估	陳柱中*、劉宇宸、劉滄琴	行政院農業委員會農業試驗所
19	應用鏈黴菌管理番茄萎凋病	黃政華、王至全*、江俞緹	中興大學土壤環境科學系
20	評估不同原料製成生質炭對鎘、鉻吸附之影響	塗安玉、池哲宇、莊愷瑋*	嘉義大學農藝系

21	不同土壤添加磷對薤菜中鎘化學型態的影響	顏妤珊 ¹ 、林俊銘 ² 、賴鴻裕 ^{1*}	¹ 中興大學土壤環境科學系 ² 明道大學精緻農業學系
22	檸檬酸對磷酸根從水合鐵礦-腐植酸共沉澱物上釋出的影響	曹芳瑀、鄒裕民*、劉雨庭、 <u>廖志浩</u>	中興大學土壤環境科學系
23	殺菌劑在環境中的持久性研究	Len Chang and Chia Ming Chang*	中興大學土壤環境科學系
24	根圈氧化鐵對水稻穀粒無機砷累積之影響	<u>王泰歲</u> ¹ 、朱莉嘉 ¹ 、許健輝 ² 、莊愷璋 ^{1*}	¹ 嘉義大學農藝學系 ² 行政院農業委員會農業試驗所
25	肥料資訊系統行動版	<u>楊滿霞</u> *、呂椿棠	行政院農業委員會農業試驗所作物組
26	溫泉紅藻與鐵氫氧化物新型複合材料累積金屬之機制	<u>卓宴琳</u> ¹ 、陳冠邦 ¹ 、許良境 ² 、陳品辰 ³ 、劉少倫 ³ 、劉雨庭 ^{1*}	¹ 中興大學土壤環境科學系 ² 國家同步輻射研究中心 ³ 東海大學生命科學系
27	酸性森林土壤中添加雞糞生物炭對楓香苗木生長與土壤性質的影響：兩年期的試驗結果	張瑀芳 ¹ 、李駿毅 ^{1,2} 、 <u>蔡呈奇</u> ^{1*}	¹ 宜蘭大學森林暨自然資源學系 ² 林務局羅東林區管理處約僱森林護管員
28	棘孢木黴菌對番茄養分吸收和萎凋病的影響	柳亞霖、李映姿、黃政華*	中興大學土壤環境科學系

論文集目錄

大會專題演講

現在及未來之土壤微生物研究及發展	1
全球尺度長期施肥的土壤微生物生態效應	3
土壤基礎研究 (一)	
我國典型黃壤有機碳庫對長期不同施肥的回應	4
氣候、土壤、作物之間氮形態契合的意義	5
Effect of poultry litter biochar application on the growth of cabbage (<i>Brassica Chinensis</i> L.) in red soils	6
淋洗後污泥對土壤中三種蔬菜種子發芽的影響	8
過硫酸鹽處理對蛇紋岩土壤釋出重金屬的影響	9
土壤肥力與施肥技術(一)	
Managing Chinese N-circle in a sustainable way.....	11
秸稈覆蓋還田對坡耕地油菜-玉米輪作系統氮磷流失的阻控效果研究.....	13
有機栽培蔬菜園土壤肥力即時偵測技術研發與應用	15
南亞熱帶杉木人工成熟林密度對土壤養分效應研究	16
增值肥料在廣東的應用效果研究	17
土壤汙染與整治技術(一)	
樂樹對 Cd 的耐性、富集及脅迫回應研究	18
水分管理對不同水稻品種稻穀鎘累積的影響-田間試驗.....	20
施用氯化鐵對不同水稻品種吸收鉛的影響	22
DGT 和化學提取法評價貴州赫章土法煉區污染土壤中鎘的植物吸收有效性.....	24
Immobilization of heavy metals by different biochars in water and two soils.....	24
土壤生態與微生物利用	
粘細菌是一種與細菌群落結構密切相關、農田土壤中廣泛分佈的微生物	27
棘孢木黴菌對番茄養分吸收和萎凋病的影響	28
半結球萵苣於鄰苯二甲酸二丁酯暴露下之植生復育與蛋白質體差異	30
次生林不同疏伐處理初期對土壤微生物群落結構的影響	32
我國設施農業環境酞酸酯狀況及人體暴露研究	34
土壤基礎研究 (二)	

滴灌施肥條件下設施黃瓜生長季土壤 N ₂ O 和 NO 排放觀測研究.....	35
自由樑護坡土壤碳存量回復之研究	36
凋落物分解轉化為土壤固碳能力的控制機制及其預測	39
規模化豬場糞汙廢水生物聚沉氧化處理：生產性實驗.....	41
土壤肥力與施肥技術(二)	
化肥減量配合紫雲英翻壓還田對水稻生長及土壤養分的影響	42
菇包廢棄物衍生之生物炭對促進堆肥腐熟化之研究	43
長期秸稈還田對水稻-小麥輪作制鉀平衡和土壤鉀含量的影響.....	45
黃土高原流域尺度土壤養分流失預測	47
土壤資訊與管理應用	
基於資料庫驅動技術的土壤圖注記自動配置系統的設計與實現	48
利用無人機監測不同氮肥施用量之水稻生長特性	50
湖北省農田地表徑流氮磷流失量特徵及空間分異	52
江漢平原稻-麥輪作農田地表徑流氮磷流失規律研究.....	53
臺灣農地土壤剖面品質指標及評估系統之建立	54
土壤汙染與整治技術(二)	
污染土壤植物修復與安全利用研究	56
台灣重金屬(鎘和砷)污染農地改善和管理技術之回顧與展望.....	57
鈍化劑對重金屬污染石灰性土壤鎘鉛鈍化效果	59
高錳酸鉀與水鐵礦優化深藍紅藻累積鉛之機制	60
高原湖濱濕地挺水植物磷、砷吸收分配特徵	62
土壤肥力與施肥技術(三)	
長期秸稈還田對水稻-小麥輪作制作物品質的影響.....	64
鈣、鎂、鉀對水稻幼苗鎘毒性與吸收之影響	65
地膜覆蓋結合秸稈隔層對鹽鹼土水鹽運移及作物生長的影響	67
基於種養結合的畜禽糞尿農用地承载力現狀分析	68
土壤改良與土壤物理	
Rare earth oxides as tracers for studying aggregate turnover: bridging soil physical and biological processes	69
Effects of in-situ applying poultry-litter biochar on soil quality and growth of water spinach.....	70

利用生物炭吸附酚酸類化合物改良特定作物連作障礙問題	71
Changes in soil properties under <i>Eucalyptus</i> plantations relative to <i>Pinus massoniana</i> plantations and natural broadleaved forests in South China	73
Phytate induced arsenic uptake and plant growth in arsenic-hyperaccumulator <i>Pteris vittata</i>	75
土壤基礎研究 (三)	
設施栽培西瓜連作障礙土壤退化生態學機理及生態修復	76
富鈣底質對香蒲磷吸收的影響研究	77
節水灌溉對稻米產量及溫室氣體排放之影響	78
Effects of nitrogen compounds addition on micronutrient uptake by grass species in a meadow steppe	80
溫室栽培中土壤溫度對氮肥利用率與作物產量的影響	81
黃淮海北部缺水區農田犁底層現狀及其特徵	82
江漢平原水稻季灌排單元溝渠中氮磷變化特徵及其環境風險	83
土壤肥力與施肥技術(四)	
施氮時期對花生產量及氮素吸收利用的影響	84
聚磷酸銨液體肥在設施蔬菜上的應用研究	85
吉林春玉米的施肥效果、養分需求與肥料利用效率	86
Physiological and Molecular Responses of <i>Arabidopsis thaliana</i> Exposed to Technology-critical elements Gallium	87
葉面噴施矽、硒聯合水分管理對水稻鎘吸收轉運特徵的影響	89
水庫淤泥再利用於水泥噴凝植生數蓋技術中養份釋出之評估	90
化學肥料減施增效調控途徑	92
壁報論文	
生物炭原料與裂解溫度對臺灣農地土壤碳礦化作用的影響	93
不同介質對草莓親株生長與走蔓增殖之影響	95
水稻鎘元素調控基因之遺傳歧異性與低累積選育模式	98
高二氧化碳下接種 <i>Azotobacter</i> spp.及氮肥施用量對水稻生長之影響	100
施用雞糞生物炭對溫室土壤性質及葉萵苣生長之影響	102
碳鐵比及 pH 對穩定可溶性有機質-鐵氫氧化物共沉澱物結構的影響	104
沼渣有機肥料試製與作物生長初步驗證	106

不同毛豆栽培種對鎘吸收能力之研究	108
應用遙測資訊協助判識影響水稻產量土壤限制因子之研究	110
灌溉量與氮肥量對草莓親株生長與走蔓增殖之影響	112
以私稔全染色體置換系族群探勘鎘累積能力之定位研究	114
可溶性有機質-鐵氫氧化物共沉澱物移除六價鉻之機制	116
香菇太空包生物炭對肥料之養分保存潛力探討	118
施用雞糞生物炭、雞糞堆肥與兩者的混合物於酸性黏質紅壤中對土壤碳礦化作用與小白菜 (<i>Brassica Chinensis</i> L.)生長之影響	120
以黏粒修飾電極法探討層面電荷對多巴胺電化學反應的影響	122
不同氮肥等級下水稻植體元素狀態監測技術之建立	124
兩種土壤添加不同粒徑生物炭量對小白菜生育評估	126
STICS 模式對台灣中部地區結球萵苣模擬效果之評估	128
應用鏈黴菌管理番茄萎凋病	130
評估不同原料製成生質炭對鎘、鉻吸附之影響	132
不同土壤添加磷對蕹菜中鎘化學型態的影響	134
檸檬酸對磷酸根從水合鐵礦-腐植酸共沉澱物上釋出之影響	136
殺菌劑在環境中的持久性研究	138
根圈氧化鐵對水稻穀粒無機砷累積之影響	140
肥料資訊系統行動版	142
溫泉紅藻與鐵氫氧化物新型複合材料累積金屬之機制	143
酸性森林土壤中添加雞糞生物炭對楓香苗木生長與土壤性質的影響：兩年期的試驗結果	145
棘孢木黴菌對番茄養分吸收和萎凋病的影響	147

大會專題演講

現在及未來之土壤微生物研究及發展

楊秋忠

中央研究院院士

中興大學 農資學院土壤環境科學系 特聘講座教授

教育部終生榮譽國家講座

一、永續農業的施肥要領：發揮不同肥料之優點

我們都知道影響永續農業之農作物產量及品質的因素甚多，須考慮氣候、品種、土壤、栽培管理及病蟲害防治等因素，以達到農業增產及品質提高之目標。農業土壤是植物生長的基地，無論種植任何作物都需要肥料，才能促進生長及發育。肥料的品目可分化學肥料、有機質肥料及微生物肥料，不同之肥料均有其優點及缺點，施肥的重點是要發揮不同肥料之優點及減少發生其缺點。

二、微生物的功能：已證明可減少化學肥料的施用

土壤中有益微生物的存在，全球已發表許多研究證明有促進作物生長及競爭性與誘導性之降低病蟲害的效益，進而更發現土壤微生物具有促進植物抗旱、抗鹽及鐵與硫的吸收。微生物肥料已證明可減少化學肥料的施用，對土壤之無形保護效益更佳可觀。微生物肥料在台灣的應用觀念現已逐漸普及，利用有益微生物需接種至作物的根圈，研究證明不但可增加養分來源，或提高植物根圈中養分有效性，優質之微生物肥料可提供農民在肥料使用上的另一選擇，亦可減少因過量化學肥料使用，及對土壤肥力及品質之正面效應，在永續性農業耕作中不可缺少。微生物肥料在農委會農糧署已訂立管理法規，微生物肥料係指其成分含具有活性微生物或休眠孢子，如細菌(含放線菌類)、真菌、藻類及其代謝產物之特定製劑，應用於作物生產具有提供植物養分或促進養分利用等功效之微生物物品。

三、微生物肥料可協助達成優質生態、安全及健康土壤的永續農業的目標

微生物肥料的研究已驗證微生物肥料除了可以提供肥料及對作物有助益之功能，施用微生物肥料具有無污染、無肥傷、施用量少及生態友善的優點，生產微生物肥料成本較化學及有機質肥料低廉。微生物肥料是活體微生物，則有一定的保存期限，效果較易受環境之影響，肥效也較化肥緩慢，其效果大小常需依不同土壤而異，因此，微生物肥料是為增加肥料的有效性及吸收，需配合化學肥料及有機質肥料一起施用，微生物肥料的功效則更顯著。

微生物肥料產品之優化已有許多產學合作研究，除可協助廠商進行微生物肥料之菌數及活性，以確保微生物肥料產品之品質，亦將有助於提高市售產品之競爭

大會專題演講

力及促進微生物肥料產業之發展，將協助農業邁向永續經營之方向前進，達成優質、生態、安全及健康土壤的永續農業的目標。

四、永續農業的土壤微生物實施策略：永續農業需要充分利用維護生物多樣性之生態環境的物質及養分循環系統。需要營養綜合管理 (INM: integrated nutrient management) 之精準施肥，使用環保性肥料 (微生物及有機質肥料)，達成可持續生產及保護環境的方法。需要病蟲害綜合管理 (IPM: integrated pest management) 之精準綜合及生物防治方法，使用微生物性農藥，避免過量使用化學農藥，達成生態平衡及提高生產效率的方法。需要土壤微生物技術以高產及高品質與抗逆境之菌種。為達成化學肥料及農藥零成長或減半之策略，推廣生物性肥料及農藥，達成土壤肥力及生態之增進。有效快速處理利用有機廢棄物，以增進土壤有機質含量及微生物之活性，達成地力增進之需求。

五、土壤微生物之未來發展：未來土壤微生物更發展具有促進作物生長及競爭性與誘導性之降低病蟲害的效益，進而更發現土壤微生物具有促進植物抗旱、抗熱、抗鹽及鐵與硫的吸收，對極端氣候變遷下的農業將有實質的貢獻。近年來，微生物分子生態學技術的發展和應用，土壤微生物研究有諸多重要進展。

大會專題演講

全球尺度長期施肥的土壤微生物生態效應

Effects of long-term mineral fertilization on soil microbial community across the globe

徐建明、戴中民

浙江大學環境與資源學院，杭州 310058

*E-mail: jmxu@zju.edu.cn

長期施用氮肥可以導致土壤酸化，並降低作物產量，但是地下微生物群落結構對長期施氮或施氮磷鉀的回應知之甚少。鑒此，我們利用整合分析在全球尺度上探討了長期氮肥和氮磷鉀配合施用對土壤細菌多樣性和群落組成的影響，研究結果表明長期施用氮肥降低了土壤 pH 值，但增加了土壤有機碳和有效氮含量。長期單獨施氮肥減少細菌多樣性，但氮磷鉀配合施用增加細菌多樣性。氮肥對細菌多樣性的影響因土壤質地和水分管理而異，但與作物種類或施氮量無關。單施氮肥時細菌多樣性與土壤 pH 值和有機碳含量呈顯著正相關，但氮磷鉀配合施肥時僅與土壤有機碳含量呈顯著正相關。在長期單施氮肥情況下，土壤微生物生物量碳隨著細菌多樣性的減少而降低，氮肥增加了變形桿菌和放線菌的相對豐度，但減少了酸桿菌的豐度，符合細菌一般生存策略理論。氮肥施用量與土壤放線菌相對豐度之間的正相關表明了氮素有效性的提高有利於土壤放線菌的生長。本文首次在全球尺度上揭示了長期施氮或施氮磷鉀影響土壤細菌多樣性和群落組成的規律，為採納維持全球農業生態系統地下微生物多樣性的養分管理策略提供了重要依據。

關鍵字：氮肥長期施用、細菌多樣性、放線菌、變形桿菌、酸桿菌

土壤基礎研究(一)

我國典型黃壤有機碳庫對長期不同施肥的回應

特徵與機制

張雅蓉，李渝，蔣太明，秦松

土壤有機碳是土壤品質和功能的核心，其在土壤肥力、環境保護和農業可持續發展等方面起著極其重要的作用。農業生產技術如保護性耕作、合理施肥制度和輪作能夠減少溫室氣體排放，提高土壤有機碳固存量和作物產量。依託貴州黃壤長期肥料定位試驗，研究長期不同施肥下黃壤有機碳庫時序變化特徵及其機制。主要研究結果如下：(1) 有機肥施用可明顯提高土壤中有機碳含量（各處理高出 CK（不施肥）14%~29%），且隨有機肥施用量增加而增加，明顯高出化肥和 CK 處理。(2) 相比試驗初始年份，有機肥處理及平衡 NPK 處理有機碳含量有不同程度升高（提升 5.97%~39.67%）。(3) 有機肥處理黃壤有機碳平衡量數值均為正，且明顯高於 NPK 和 CK 處理。可見，有機無機肥、氮磷鉀肥協調施用有助於黃壤有機碳積累。(4) 有機肥處理有機碳儲量顯著高於化肥處理（高出 CK 13%~19%）；有機無機肥配施對於黃壤有機碳密度增加、固碳速率提升有顯著作用，且化學磷、鉀肥的合理施用也至關重要。(5) 長期施肥條件下土壤有機碳儲量變化量與累積碳投入量呈顯著漸進相關關係，在目前較高的有機碳投入水準下，土壤 SOC 的固持已接近飽和。(6) 黃壤累積碳投入量分界拐點值為 54.29 t hm⁻²，當累積碳投入量小於此值時，土壤固碳效率較高，為 26.62%；而大於此值時，固碳效率僅為 1.72%。(7) 黃壤累積碳投入量與玉米產量亦有極顯著相關關係，但隨著碳投入量的增加，產量增加明顯變緩。(8) 有機肥單施及與化肥配施均可促進 2-0.25mm 水穩性團聚體數量的提升，其數量高出對照 8%~36%；化肥施用更能促進和穩定小團聚體形成，長期化肥施用下，<0.053mm 粒級團聚體較為優勢。(9) 有機肥單施及與化肥配施均可明顯提升土壤中大團聚體內有機碳含量，此外，小團聚體內有機碳含量也有提升。各有機肥處理粗非保護顆粒有機碳（cPOM）、微團聚體組分（uagg）及游離粘粒組分（d-Clay）中有機碳含量分別高出 CK 5%~20%、9%~32%和 7%~24%，有機肥及 NPK 處理游離粉粒組分（d-Silt）中有機碳含量高於 CK 4%~30%。為避免有機碳庫容提前達到飽和，增加資源浪費和環境污染風險，本研究初步得出有機肥部分替代化肥氮（1/4~1/2）是較為合理的施肥方案。有機肥與化肥配施對黃壤有機碳含量提升、有機碳密度增加、固碳速率提升有顯著作用，但生產實踐中，有機肥施用量不可過高，因地制宜，找到適宜作物增產、土壤培肥和土壤碳庫容量保持穩定變化的節點是農田生態系統固碳的核心。

土壤基礎研究(一)

氣候、土壤、作物之間氮形態契合的意義

Ecological and practical significances of matching climate, soil N dynamics and crop species preferential N uptake

張金波

南京師範大學地理科學學院

*E-mail: zhangjinbo@njnu.edu.cn

氮迴圈深刻影響全球碳迴圈、溫室氣體排放、生態系統功能、人類健康、大氣和水體品質等。協調和控制活性氮在糧食安全、環境問題和全球氣候變化中的作用是世界各國共同面臨的嚴峻挑戰。絕大部分活性氮首先进入到土壤。進入到土壤的活性氮只有極少部分殘留在土壤中，絕大部分通過在土壤中的轉化，以不同的形態進入到生物、大氣和水體。因此，闡明土壤氮轉化過程特點及其驅動因素，明確其調控土壤氮去向的作用機理，對於制定合理的土壤氮素調控措施，提高氮肥利用率，減少活性氮向水體和大氣的擴散，具有重要的意義。我們採用¹⁵N 穩定同位素成對標記（分別標記¹⁵NH₄⁺和¹⁵NO₃⁻）結合數值模型測定土壤氮初級轉化速率的方法，同時定量土壤中主要氮轉化過程的初級轉化速率，通過對土壤氮轉化過程調配土壤氮和進入土壤的外源氮的去向研究，建立了土壤調控氮去向理論，闡明了土壤氮轉化過程、氣候、植物氮形態喜好之間的協同關係，及其對氮素利用率和向水體擴散的基礎作用。

關鍵詞：土壤氮轉化、植物氮喜好、氣候、氮利用率、¹⁵N 穩定同位素

土壤基礎研究(一)

**Effect of poultry litter biochar application on the growth of cabbage
(*Brassica Chinensis* L.) in red soils**

Yu-Fang Chang, Chen-Chi Tsai*

Department of Forestry and Natural Resources, National Ilan University

*E-mail: cctsai@niu.edu.tw

The nitrogen and phosphorus content are about 4% and 2% in poultry litter (PL) and/or poultry manure in Taiwan. This makes PL a potentially important resource of plant nutrients; however, storage and direct land application of untreated PL has disadvantages such as odors, pathogens, or fly breeding material. Direct combustion, pyrolysis (thermochemical conversion without oxygen) and composting have been suggested as mechanisms to produce a stabilized PL product (biochar [BC], ash, or compost) that can be used as fertilizer with little or no adverse effects. Red soils, mostly classified as Ultisols, occupies more than 1100 km² in Taiwan. The disadvantage of high clay content (> 30%), low soil pH (< pH 6.0), and low organic carbon (< 1.5%) limited the tillage capability in red soils. If pyrolysis of poultry litter is to become more widespread in Taiwan, it is important to understand how biochar made from poultry litter affects soil properties and crop production, especially in red soils. Therefore, the objective of this research was to examine how biochar made from the slow pyrolysis of poultry litter at a temperature of 350°C affects red soil properties and cabbage growth. Ten representative red soils, one Oxisols and nine Ultisols, were selected from norther and central Taiwan. Pot study was also carried out in a temperature-controlled room (25~28°C). Three biochar rates (0%, 0.5%, and 1%), one swine manure compost rate (0.5%), and ten soils were used with three replications, giving a sample population of 120. All the 120 treatment pots for the cabbage trials were slowly wetted up to 80% WHC over 48 h. Four hundred cabbage plants (*Brassica Chinensis* L.) had been grown from seed in individual 5x5x5 cm plastic pots filled with germination mix. After two weeks, of these 400, 240 were selected based on uniform height and healthy appearance and were planted randomly, two plants in each pot. Over the following 21 days, pots were watered to 60-80% WHC as needed based on weight, and their position was rerandomized every week to equalize any variability in heat and ventilation. Soil solution was collected with rhizon soil moisture sampler per week. The study results indicated the plant fresh weight (g/individual) and longest leaf length obviously increased with added biochar increased, but the trend of significance depend on soils. In general, the concentration of P, K, Ca, and Mg in plant mostly significant increased with added biochar increased, but Cu and Zn showed decrease or

土壤基礎研究(一)

less change. Poultry litter biochar existed abundant nutrients, and the alkalinity of biochar can improve soil acidity of red soil, and resulted in increasing nutrient availability, such as P, K, Ca and Mg. In addition, Cu and Zn could be absorbed or chelated by biochar, like phosphorus complexes. The soil pH and EC value of soil solution also showed obviously increased with added biochar increased, and the trend during experiments was obviously increased at 7d and gradually decreased at 14d and 21d. The results could be attributed the high soil buffer capacity of red soil. In conclusion, the application of poultry litter biochar, slowly pyrolyzed poultry litter at a temperature of 350°C, can significantly improve the growth of cabbage crop in Taiwan red soil. The soil pH, EC, OC, clay content, and other soil properties of ten red soils showed different because of year and frequency of cultivation, crop type, soil moisture regime, etc. The difference of soil properties of red soils would obviously affect the improve benefit of poultry litter biochar application.

Keywords: red soils, Ultisols, poultry litter biochar, crop growth, soil fertility

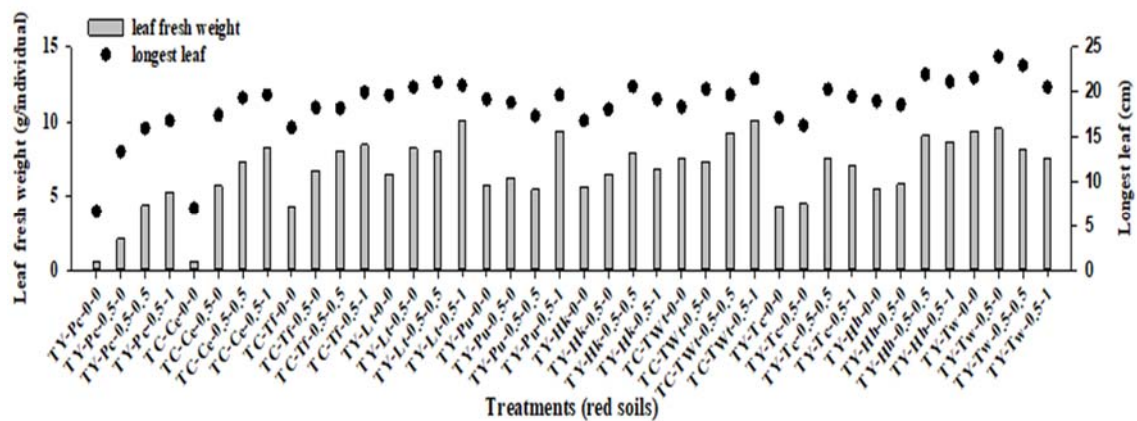


Fig. 1. The leaf fresh weight and longest leaf of cabbage in treatments of red soils

土壤基礎研究(一)

淋洗後污泥對土壤中三種蔬菜種子發芽的影響

Effects of sludge after leaching on germination of three vegetable seeds in soil

常紅¹，黃麗^{*1}，張克強²，葉濤¹，龔敏婕¹，杜連柱²，楊鵬²

¹ 華中農業大學，農業部長江中下游耕地保育重點實驗室，武漢 430070；

² 農業部產地環境品質重點實驗室/天津市農業環境與農產品安全重點實驗室，天津 300191

*E-mail: daisyh@mail.hzau.edu.cn

以蘿蔔（韓白玉）、白菜（新綠秀）和生菜種子為物件，研究兩種污泥（SA、SB）在皂角苷和檸檬酸聯合淋洗處理前後添加到土壤中對種子的發芽率、發芽指數和根伸長抑制率的影響。結果表明，淋洗後污泥（LSA、LSB）中的重金屬（Cd、Cu、Ni、Cr、Pb 和 Zn）和養分（有機質、全 N、全 P）均降低。隨 SA、SB 添加量（總幹品質的 5%-50%）的增加，三種種子的發芽率減小。LSA、LSB 添加處理的種子發芽率與 SA、SB 的相比有所提高，最大可提高 50.06%。添加淋洗污泥處理的種子發芽指數均有增加，其中以蘿蔔種子最為明顯。隨淋洗前後污泥添加量的增加，根伸長抑制率均增大。

關鍵字：污泥、淋洗、種子、發芽、根伸長抑制率。

土壤基礎研究(一)

過硫酸鹽處理對蛇紋岩土壤釋出重金屬的影響

許正一*、戴思瑄

台灣大學農業化學系

*E-mail: zyhseu@ntu.edu.tw

Abstract

Persulfate with different activation treatments and their impact on serpentine soils are not well known, and thus the objective of this study was to explore Cr, Ni and Co released from serpentine soils with different persulfate treatments. Three serpentine soils, KS, WR and FL, 5 g of each soil was mixed with 30 mL of persulfate solution and shaken at room temperature. After 60 days, the concentration of remaining persulfate was the lowest in the treatment of activated with NaOH for the FL soil because persulfate exhausted with Fe(II) and soil organic carbon and the FL soil had the highest organic carbon content in all soils. Cr released from all soils in all treatments increased with time, FL soil released the highest Cr level after 60 days was 16.3 mg Cr/L by 0.105 M Fe(II) activated treatment. Additionally, persulfate activated with 0.021 M Fe(II) generated the higher concentration of Cr(VI) because of high Eh value caused the oxidation of Cr(III) to Cr(VI), which were respectively 4.8, 2.8 and 5.3 mg Cr(VI)/L in the leachates of the KS, WR and FL soil.

Keywords: chromium; nickel; in situ chemical oxidation; persulfate; serpentine soil.

Introduction

In situ chemical oxidation (ISCO) is a common remediation method used by spiking oxidants such as sodium persulfate to destroy organic pollutants. Persulfate is activated by amendments such as Fe(II), EDTA-Fe(II) or alkaline to generate sulfate free radical ($\text{SO}_4^{\cdot-}$) which had higher redox potential to degrade the target pollutants (Kaur and Crimi, 2014). The pH and Eh were changed in the treated soil by using persulfate in the ISCO procedure, and thus the metals solubility and their valence state were hypothesized to be changed (Bartlett and James, 1979). Past studies reported that ISCO may cause the release of Cr from soils, but persulfate with different activation treatments and their impact on serpentine soils are still unknown and thus the objective of this study was to explore the metals released from serpentine soils with different persulfate treatments.

Materials and methods

土壤基礎研究(一)

Three serpentine soils, KS, WR and FL, 5 g of each soil was mixed with 30 mL of persulfate solution and shaken at room temperature. With all treatments including 0.21 M persulfate respectively activated by 0.105 M Fe(II), 0.021 M Fe(II). After 7, 15, 30 and 60 days, the concentration of persulfate, total Cr, Cr (VI), Ni and Co in leachates were measured.

Results and discussion

In the Fe (II) activated treatments, the solution Eh values decreased with time but was still higher than the un-activated treatment due to the existence of generated free radicals in the solution. The FL soil had highest organic carbon content and persulfate exhausted with it, but Eh of the FL soil was the lowest in all treatments with the exception of alkaline activated treatment.

Cr was not detected in the un-activated treatment after 7 and 15 days for the WR soil, and Ni was not detected in the 0.42 M NaOH activated treatment in WR. However, Cr, Ni, and Co released from all soils in all treatments increased with time, because pH decreased. The highest concentration of released Co was 2.8 mg/L with 0.105 M Fe (II) activated treatment in the FL soil. Ni was not detected in the alkaline treatment after 7 and 15 days for the KS soil, because Ni was precipitated as Ni(OH)₂ in high pH condition, but persulfate exhausted with time caused the decrease of pH and Ni²⁺ released. In all treatments, the FL soil released the highest Cr level (16.3 mg Cr/L) by 0.105 M Fe (II) activated treatment after 60 days. Although the FL soil contained the least Cr, it released the highest Cr into the. Additionally, persulfate activated with 0.021 M Fe (II) generated the higher concentration of Cr (VI) because high Eh value caused the oxidation of Cr (III) to Cr(VI), which were 4.8, 2.8 and 5.3 mg Cr (VI)/L in the leachates of the KS, WR and FL soils. In the 0.42 M activated treatment for the KS soil caused 5.9 mg/L, showing the highest Cr (VI) concentration in all soils because Cr species exist as Cr (VI) in high pH condition, which greatly exceeded the limit of the groundwater standard (0.05 mg/L) in Taiwan

References

- Bartlett, R. J. and B. R. James. 1979. Behavior of chromium in soils: III. Oxidation. *J. Environ. Qual.* 8:31–35.
- Kaur, K. and M. Crimi. 2014. Release of chromium from soils with persulfate chemical oxidation. *Groundwater* 52:748-755.

土壤肥力與施肥技術(一)

Managing Chinese N-circle in a sustainable way

JU Xiaotang

*(College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University,
Beijing 100193, China)*

Purpose: To assess the nitrogen (N) management in different production systems or under different scales, choosing which indicators or indexes is crucial question to be answered for improving the N management. Recently, many new concepts, methods and indicators have been proposed for the N management internationally, to objectively evaluate and improve the N management level, and to provide criteria for producers and policy makers. Although these concepts and methods have been applied to the N studies and management in China in some cases, the understanding of these concepts and methods, and how to make the calculation and interpret the results still lacks systemic knowledge. No indicators thus have been developed to guide the policy making and practical application for the N management in agricultural systems in China. Therefore, this paper introduces the concepts, definitions, calculations and result analysis of international N management. On the basis of this introduction, we attempt to integrate the results from N studies under different scales and in different soil-crop systems, summed up the N management indicators for typical crop systems, and provide a scientific basis for achieving the better N management.

Method: This study conducted literature searches on the N management indicators, summarized the concept and calculation methods of main N management indicators, including N budget, N balance, N surplus, and N use efficiency (NUE), and allowable residual nitrate in upland crops soil after harvest, and analyzed the relationship between these metrics.

Results: (1) The environmental cost is low if the N input-output of a production system within a reasonable limit under a certain technical and management level; the environmental cost increases rapidly with the increase of input after the net benefit reaching the maximum level; N inputs should be maintained within this limit. (2) N balance is an important indicator of N management and policy making, which is defined as the relationship between detail N inputs and outputs of a given system at a given time period; the excessive (surplus) or deficit (deficiency) N is calculated as the difference between N input and output on a per area basis; the concepts of N budget and N balance is different, and N budget is to calculate the detailed variations of N input, output, loss and system accumulation; N balance is divided into three categories: farm gate, soil

土壤肥力與施肥技術(一)

surface, and soil system; A tiered approach is recommended to calculate the N input, output and balance from farm scale to country scale; N surplus indicators should be determined based on soil-climatic conditions, the type of ecological agriculture and environmental capacity. (3) Within a given boundary, N use efficiency (NUE) is defined as the ratio of input and output of N product: $NUE = N \text{ products output} / N \text{ input}$. (4) International community recommended to report N output and surplus simultaneously when reporting the NUE, and the relationship analysis of NUE, N output and N surplus can help to improve the N management and achieve a better goal; when $NUE < 1$, N output is lower than input, the N that is not removed accumulates in the soil or enters the environment; when $NUE > 1$, N removal is larger than N input, representing soil N depletion that would result in decline of soil fertility; the recommended NUE internationally is ranged from 0.5 to 0.9; harvested N is around $80 \text{ N kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$, and the N surplus is also around $80 \text{ N kg hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$; $NUE > 0.9$ indicates soil N depletion, and $NUE < 0.5$ indicates low N use efficiency. (5) Soil inorganic N (mainly nitrate) in the root layer before sowing is often used as an effective indicator of soil N supply under rain-fed conditions, and residual nitrate in the root layer after harvest has been considered as a measure of leaching potential to assess the reasonableness of N management. (6) Most N balance studies are on field scale in China, and 80 and $100 \text{ kg N hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ N surplus could be the reference indexes of current production and management according to long-term accumulation of rich research data for the North China Plain wheat-maize rotation system and the Yangtze River Plain rice-wheat rotation system, respectively; the above-mentioned reference index is based on a yearly rotation period, and the N surpluses should be set to 40, 40 and 60 kg N hm^{-2} if allocated to the major crops of wheat, corn, and rice in a single crop season; the allowable residual nitrate in the 0~1 m root layer should be lower than 100 kg N hm^{-2} after the harvest of wheat and corn in the North China.

Conclusion: The good N management should control the N surplus and NUE within the target range, maximize the N recycling and minimize the diffusion of N to the environment. Developing and applying the index system of N management is aimed to evaluate and optimize the N management and achieve the targeted productivity, environmental protection, soil fertility improvement, and sustainable use and succession of the environment. These indicators can measure the existing management and measures, and as a benchmark for future improvements. The policy-makers can use these indicators to formulate corresponding policies, and implement in the practices.

Key words Nitrogen balance; Nitrogen surplus; Nitrogen use efficiency; Nitrogen management; Nitrogen losses; Indicators

土壤肥力與施肥技術(一)

秸稈覆蓋還田對坡耕地油菜-玉米輪作系統氮磷流失的阻控效果研究

夏穎^{1,2}，範先鵬^{1,2}，張富林^{1,2}，吳茂前^{1,2}，劉冬碧^{1,2}，熊桂雲^{1,2}，楊利^{1,2}

(1. 湖北省農業科學院植保土肥研究所，武漢 430064；2. 湖北省農業面源污染防控工程技術研究中心，武漢 430064)

摘要：湖北省坡耕地面積為 827.9 萬畝，占湖北省耕地面積的 12.8%。根據已有的研究結果，坡耕地 TN 和 TP 排放量分別為 26.93 kg/ha 和 0.51 kg/ha，在湖北省 6 種主要種植模式（平原旱地、平原水田、平原水旱輪作、丘陵旱地、丘陵水旱輪作和坡耕地）中氮磷排放量分別位居第二和第五位。湖北省玉米油菜種植制面積為 80 萬畝，山地丘陵區占全省的 76.7%，而由於山區條件有限，機械化程度低，秸稈出田率較低，因此，研究秸稈覆蓋還田對坡耕地氮磷流失的阻控效果非常有必要。本文以湖北三峽庫區坡耕地典型油菜-玉米種植制系統為研究物件，通過 2 年田間定位試驗，研究秸稈覆蓋還田對油菜-玉米輪作系統氮磷的阻控效果。共設優化施肥（CK）、秸稈覆蓋還田+優化施肥（T）2 個處理，通過比較不同處理間經濟產量、產流量、徑流水中氮磷流失量，分析在秸稈覆蓋還田對坡耕地氮磷流失的阻控效果。結果表明，與 CK 處理相比，在坡耕地農田覆蓋秸稈，可顯著提高油菜和玉米產量，油菜產量增加 8.4%、玉米產量增加 8.4%；油菜季處於枯水期，玉米季處於豐水期，表現為油菜季徑流次數較多，但單次產流量小，玉米季徑流次數少，但單次產流量大，2016 年玉米季產流量比油菜季高 49.2%，2017 年玉米季產流量比油菜季高 84.0%；秸稈覆蓋處理能顯著降低徑流發生量，2 年平均攔截徑流量 17.2%；秸稈覆蓋處理和優化施肥處理相比，硝態氮、總氮、總磷和可溶性磷流失量分別降低了 22.7%、23.9%、42.1%和 17.0%；降雨量與產流量成極顯著相關關係（ $r^2=0.4716^{**}$ ， $n=30$ ），與總氮（ $r^2=0.3785^*$ ， $n=30$ ）和總磷流失量（ $r^2=0.3999^*$ ， $n=30$ ）成顯著性相關關係；產流時段的降雨

土壤肥力與施肥技術(一)

量是影響農田氮、磷流失的主要因素，氮、磷流失量主要集中在 4-9 月，並且玉米季是氮、磷流失的主要時期，占全年氮流失量的 87.6%和 55.0%，主要是玉米季處於 6-9 月該地區容易產生大降雨量時期，降雨量平均為 402.6mm，占全年產流時段降雨量的 62.6%，並且 6 月和 7 月氮、磷流失量較大，因為此時期是玉米基肥期，因此，避免在 43mm 以上降雨量時施肥是防控氮、磷流失的有效途徑。上述研究結果表明，為了降低油菜-玉米輪作系統氮、磷流失風險，在坡耕地覆蓋秸稈能有效攔截徑流發生量和養分流失量，並且施肥應該避開大雨或暴雨。

關鍵字：秸稈覆蓋還田，坡耕地，徑流量，氮磷流失量

土壤肥力與施肥技術(一)

有機栽培蔬菜園土壤肥力即時偵測技術研發與應用

王鐘和

屏東科技大學

農園生產系

E-mail:chwang@mail.npust.edu.tw

長期的施用有機質肥料可能導致土壤中累積多量的有機質及營養鹽，致使礦化的養分量超過作物生長所需的量，降低作物產量及品質且污染環境。因此，建立有機農田土壤肥力快速診斷施肥推薦技術，供調節施肥之依據，甚為重要。尤其集約複種指數高的蔬菜園更為重要，實為當務之急。傳統之土壤速測法在田間採取土壤樣本後，需經過風乾處理及一連串的分析步驟，耗費甚多人力與藥品等資源，且無法在有機農田現場診斷、立即推薦施肥。應用電導度計於有栽培蔬菜施肥前進行現場測定，測值有效養分含量間均呈顯著正相關，可作為推荐施肥之依據。惟應用上仍需考慮下列因子：pH、元素間平衡、土壤排水性、有機質含量、設施有無、有機液肥有無、栽培季節等。

關鍵詞：有機栽培、蔬菜園、土壤肥力

土壤肥力與施肥技術(一)

南亞熱帶杉木人工成熟林密度對土壤養分效應研究

段愛國

(中國林業科學研究院林業研究所)

摘要：[目的] 研究 5 種不同密度林分土壤剖面養分含量的變化規律。[方法] 以廣西大青山 37 年生杉木密度試驗林為研究物件，測定了 A (1667 株·hm⁻²)、B (3333 株·hm⁻²)、C (5000 株·hm⁻²)、D (6667 株·hm⁻²)、E (10000 株·hm⁻²)，5 種密度下 0~100 cm 土層土壤養分含量。利用單因素方差分析和多重比較來判斷不同密度和不同土層土壤養分含量的差異。[結果] 研究表明：(1) 杉木人工成熟林土壤有機質、全氮、堯解氮、全磷、有效性鐵含量總體上均隨密度的增加呈現下降的趨勢，而土壤 pH 值與全鉀、速效鉀隨密度的增加而上升，交換性鈣與交換性鎂含量受密度影響不明顯；(2) 土壤有機質、全氮、堯解氮、全磷、有效性磷、速效鉀、交換性鈣、交換性鎂和有效性鐵含量均隨土層深度的增加而明顯下降，在 0~30 cm 的表層土壤中下降更明顯，不同土壤深度養分含量的變化具有明顯的密度效應。[結論] 初植密度對杉木人工成熟林土壤養分含量具有明顯影響，低初植密度更有利於杉木人工林土壤肥力的長期維持，南亞熱帶杉木林密度對土壤養分的影響深度可達 60 cm。

土壤肥力與施肥技術(一)

增值肥料在廣東的應用效果研究

彭智平¹ 黃繼川¹ 塗玉婷¹ 楊林香¹ 吳雪娜¹ 林志軍¹

(¹ 廣東省農業科學院農業資源與環境研究所，廣東廣州 510640)

摘要： 增值肥料 (Value-added Fertilizer) 是指肥料生產過程中加入腐植酸類、氨基酸類、海藻酸類等天然活性物質所生產的肥料改性增效產品。在廣東省水稻試驗在與普通尿素等量施氮的條件下設置低、中、高三個不同氮用量進行比較，表明施用氨基酸尿素均比普通尿素顯著增產，籽粒增產量為 225kg/hm²-453kg/hm²，相對增加 4.7%-9.6%，氮素利用率增加 2.3 至 9.0 個百分點；施用腐殖酸尿素均比普通尿素籽粒增產量達 801kg/ hm²-1203 kg/ hm²，相對增加 8.4%-12.2%，氮素利用率增加 3.7 至 8.2 個百分點；海藻酸尿素均比普通尿素籽粒增產量為 256kg/ hm²-381 kg/ hm²，相對增加 4.7%-8.0%，，氮素利用率增加 1.3 至 3.9 個百分點。多點試驗示範顯示腐殖酸增值肥料和氨基酸增值肥料具有提高產量和氮磷鉀養分利用效率的效果。

關鍵字： 增值肥料 Value-added Fertilizer；水稻 Rice；效果 Effect

基金專案：“十三五”國家重點研發計畫專案“新型複混肥料及水溶肥料研製”——“新型增效複混肥料研製與產業化”(2016YFD0200402-5)。

聯繫方式： 彭智平，Tel:020-85161415;E-mail:ytifei@aliyun.com。

土壤污染與整治技術(一)

欒樹對 Cd 的耐性、富集及脅迫回應研究

Tolerance, accumulation and stress response of koelreuteria paniculata to cadmium

楊嵐鵬, 朱健, 王平*, 譚蓉, 楊雨中
中南林業科技大學環境科學與工程學院

通過水培模擬試驗, 研究了欒樹對 Cd 的耐性、富集及轉運特徵, 採用 STEM、FTIR、EDAX 分析了欒樹對 Cd 脅迫的回應。結果表明: 欒樹幼苗對 $25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下的 Cd 濃度表現為高耐受性, 高於該濃度時 Cd 對欒樹產生明顯的毒害作用, 抑制欒樹的生長。不同組織對 Cd 的富集能力為根 > 葉 > 莖, 富集係數與轉運係數均隨 Cd 濃度增加而減少。低濃度的 Cd 促進葉綠素、可溶性蛋白的合成。高濃度 Cd 明顯抑制葉綠素、可溶性蛋白的合成, 並且導致嚴重的膜脂過氧化和膜損傷, MDA 含量持續升高。SOD、POD、CAT 能對 Cd 脅迫做出積極有效的回應, 但在高濃度 Cd 脅迫時失去活性。STEM 分析表明, 高濃度 Cd 脅迫使欒樹根部細胞壁結構破壞, 莖部導管堵塞, 葉片褶皺, 氣孔結構受損。FTIR 分析表明, Cd 脅迫增加羥基自由基, 加劇膜脂過氧化, 連生羥基、巰基、羧基、氨基隨之增加。EDAX 分析表明, Cd 脅迫會抑制欒樹對礦質元素 Ca、K、Mg、Na 的吸收, 同時影響 S 元素的吸收與利用。

關鍵字: 欒樹; Cd 脅迫; 耐性; 富集; 轉運; 脅迫回應

土壤污染與整治技術(一)

土壤污染與整治技術(一)

水分管理對不同水稻品種稻穀鎘累積的影響-田間試驗

The effect of water management on the accumulation of cadmium in rice grains of different cultivars-field experiment

許健輝、鄭佳怡、劉滄琴、郭鴻裕、林毓雯*

行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

*E-mail: ywlin@tari.gov.tw

摘要

稻米鎘超標的事件層出不窮，如何降低土壤中鎘的生物有效性，進而降低稻米中鎘的累積為現今急需解決的問題。過去研究指出，湛水管理可有效降低土壤中鎘的有效性及糙米鎘的累積，此法不但對環境影響低，也為農民能夠自行操作的農藝管理方法。因此，本試驗的目的為，於鎘潛在污染風險農地，進行水分管理試驗，評估水分管理對於降低糙米鎘累積及產量的影響，並且探討在不同水分管理下比較不同水稻品種(台東 30 號、台南 11 號、桃園 3 號、台中私 10 號)間糙米鎘降低程度的差異。本試驗於后里區 3 塊高污染風險農地進行，其中 2 塊試驗田(HL-A、HL-B)用來比較不同農藝管理方法對水稻吸收鎘的差異，另 1 塊試驗田(HL-C)則是進行不同品種在慣行管理及湛水管理下稻穀產量及鎘累積的差異。試驗結果指出，於灌溉水不足之區域，施用石灰搭配栽種低鎘吸收水稻品種之農藝管理，對於降低糙米鎘濃度的能力有限。若同時搭配湛水管理即可將糙米的鎘濃度降低至限量標準以下。此外，在不同水稻品種的試驗結果發現，湛水管理可顯著降低本試驗所有品種糙米鎘濃度，降低幅度大於 50%。四個試驗品種中，湛水處理導致稻穀產量有些微下降的趨勢。本試驗結果證實湛水管理的確為降低糙米鎘吸收的主要方法之一，建議鎘潛在污染風險區域可透過提高田區湛水的時間，同時搭配提高土壤酸鹼度，預計將可大幅降低糙米鎘超標的風險。

關鍵字：鎘、水稻、重金屬、水分管理、農藝管理

前言

近年來陸續發現土壤鎘濃度低於環保署管制標準 (5 mg kg^{-1}) 之農地，種出的作物鎘濃度高於衛福部的限量標準 (0.4 mg kg^{-1})，其中以糙米超標的案例比例最高。根據過去的試驗結果顯示，儘管種植鎘吸收能力低的梗稻品種、在土壤的鎘濃度低於 0.6 mg kg^{-1} ，土壤的 pH 值以石灰提高至 6.5-7.0 的條件下，在水分管理不佳(非湛水管理)及灌溉水不足區域仍存在糙米鎘濃度超標的風險，糙米的鎘濃度甚至可高達 1.5 mg kg^{-1} 。因此，本試驗的目的為，評估水分管理對於降低糙米鎘累積及產量的影響，並且探討在水分管理下比較不同水稻品種間糙米鎘降低

土壤污染與整治技術(一)

程度的差異。

材料與方法

第一部分：湛水管理對糙米鎘累積之影響

在 HL-A 及 HL-B 兩塊試驗田於 2016 年第一、二期作及 2017 年第一期作進行三個期作的試驗，三個期作的處理分別為(1)施用石灰(L)、(2)施用石灰及種植低鎘吸收品種(L+G)及(3)施用石灰、種植低鎘吸收品種及水分管理(L+G+W)。

第二部分：湛水管理對不同水稻品種糙米鎘累積之差異

在 HL-C 試驗田於 2017 年第一期作進行不同品種之水分管理試驗，水稻插秧後在田區中央築田埂，作為灌行處理(對照組)及延長湛水兩的區隔。每次湛水量為土表以上 10 公分，除了最大分孽期曬田約 7 天及收成前約 7 天停止湛水以外，水稻於全生育期均盡量維持田間為湛水狀態，並且設置儲水桶於灌渠供水時儲水備用，在兩次供水間作為補充水源。

結果與討論

表 1 結果指出，湛水頻率低及水分缺乏的后里地區，若只使用石灰改良土壤酸鹼度及栽種鎘吸收能力低的水稻品種，仍無法有效降低糙米鎘累積至限量標準以下，唯有利用湛水管理搭配上上述方法才可將糙米鎘濃度降低至限量標準以下。圖 1 結果顯示，本試驗 4 個水稻品種在湛水管理下皆可大幅降低糙米鎘濃度，其中以鎘吸收能力高的台中私 10 號降低幅度最大(>90%)，桃園 3 號降幅對低(43%)，也僅有桃園 3 號糙米鎘濃度略高於限量標準(0.45 mg kg^{-1})，其他 3 個品種皆合格。因此，根據本試驗數據，後續可建議相關單位適當縮短輪灌的間隔時間，搭配農民執行湛水管理及栽種適當的品種，如此可大幅降低糙米鎘超標的風險。

表 1. 不同農藝管理方式下糙米之鎘濃度

Cultivar Treatment	2016 1 st cropping	2016 2 nd cropping	2017 1 st cropping
	TY3 L	TT30 L+G	TT30 L+G+W
	Cd in brown rice (mg kg^{-1})		
HL-A	1.89	0.64	0.24
HL-B	1.49	0.55	0.31

L: liming; G: planting low-Cd uptake capability rice; W: water management

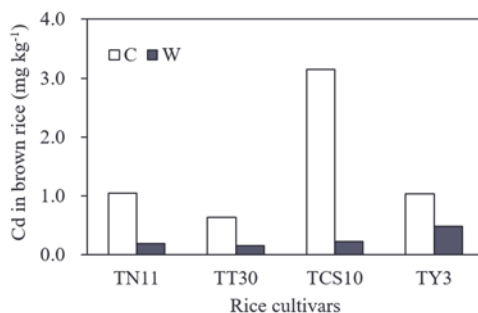


圖 1. 水分管理對不同水稻品種糙米鎘濃度的影響 (C: 慣行管理, W: 湛水管理)

土壤污染與整治技術(一)

施用氯化鐵對不同水稻品種吸收鉛的影響

Effects of application of ferric chloride on lead absorption by different rice genotypes.

杜沛蓉¹、許健輝²、莊愷瑋^{1*}

¹嘉義大學農藝學系

²行政院農業委員會農業試驗所

*通訊作者：kwjuang@mail.ncyu.edu.tw

摘要

水稻(*Oryza sativa* L.)為台灣的主要糧食，不同污染源造成水田土壤鉛累積濃度持續提高，對國內食用米的安全造成威脅。水稻根系的輻射狀釋氧(radial oxygen loss)會促使二價鐵氧化沉澱於根圈土壤和根系表面，根圈與根表氧化鐵可阻隔水稻對重金屬的吸收，若以農藝和土壤栽培管理策略增加氧化鐵的生成，可降低鉛累積於水稻穀粒的風險；本研究目的為評估氯化鐵施用對根圈與根表氧化鐵生成、土壤鉛型態分布與不同品種水稻糙米鉛累積的影響。田間試驗田區位於台中市烏日區溪尾里段鉛污染農地，土壤鉛濃度皆低於目前農地鉛監測標準 300 mg kg⁻¹，供試水稻品種包括三種粳稻(TK9、TK16、KH145)與一種秈稻(TCS10)，共有四種處理組，分別為：對照組(con)、當期作施用氯化鐵組(Fe I)、當期作與前期作施用氯化鐵組(Fe II)、前期作施用氯化鐵組(Fe III)。本研究結果顯示水稻地上部、地下部、糙米鉛濃度會受到處理與品種效應的影響，氯化鐵施用可增加根圈氧化鐵的生成，而根圈氧化鐵對於阻隔水稻吸收鉛的效益較鐵膜佳，根圈氧化鐵可增加根圈土壤有效性鉛被氧化鐵截留的比例，有效鉛被截留進而降低水稻對鉛的吸收；在所有處理組中，前期作有施用氯化鐵的處理組對於增加根圈氧化鐵與降低水稻植株鉛累積的效果較佳；而水稻品種中，TK9 可生成較多根圈氧化鐵且鉛轉運能力低，因此糙米鉛濃度在各處理組中皆較低。在鉛污染農地中，適當的氯化鐵施用方法與選擇低鉛吸收與轉運的水稻品種，可降低水稻糙米中鉛累積的風險。

關鍵字：水稻品種、氯化鐵、根圈、鐵膜、鉛污染土壤

土壤污染與整治技術(一)

土壤污染與整治技術(一)

DGT 和化學提取法評價貴州赫章土法煉區污染土壤中鎘的植物吸收 有效性

Evaluation of cadmium phytoavailability in soils from a zinc smelting area in Hezhang County, Guizhou Province, using diffusive gradients in thin films and conventional chemical extractions

高慧^{1,2}、宋靜^{1,2*}、呂明超^{1,2}

¹ 中國科學院南京土壤研究所土壤環境與污染修復重點實驗室

² 中國科學院大學

*E-mail: jingsong@issas.ac.cn

以馬鈴薯、白菜和玉米為典型作物，以貴州省赫章縣“土法煉鋅”冶煉區重金屬複合污染土壤為供試土壤，通過盆栽試驗比較了五種傳統化學提取劑（HNO₃、DTPA、LMWOAs、HCl 和 CaCl₂）和梯度擴散薄膜技術（diffusive gradients in thin films, DGT）對土壤 Cd 的植物吸收有效性影響。研究結果表明：“土法煉鋅”影響區土壤總體呈鹼性；馬鈴薯與白菜可食部位對供試土壤 Cd 的富集係數基本相同，而玉米籽粒對供試土壤 Cd 的富集係數遠小於塊莖類和葉菜類，馬鈴薯、白菜和玉米的富集係數平均值分別為 0.1053、0.1058 和 0.0079；一元線性與二元回歸表明 DGT 測定土壤有效 Cd 含量與作物可食部分 Cd 含量相關係數大於五種傳統化學提取劑；五種提取態中，CaCl₂ 提取態測定有效態 Cd 也可較好預測馬鈴薯和白菜可食部分 Cd 含量（ R_{adj}^2 分別為 0.805 和 0.808），HNO₃ 提取態測定有效態 Cd 也可較好預測三種作物可食部分 Cd 含量（ R_{adj}^2 分別為 0.822、0.874 和 0.764）。在本實驗條件下，DGT 技術評價“土法煉鋅”冶煉區土壤鎘植物吸收有效性效果優於五種化學提取態，但考慮不同作物類型，土壤 pH 因素以及操作的簡單快捷性，CaCl₂ 提取態和 HNO₃ 提取態也可成為預測重金屬冶煉區複合污染鹼性土壤 Cd 的植物吸收有效性的方法。

關鍵字：化學提取劑、梯度擴散薄膜技術、複合污染、鎘、植物有效性

Immobilization of heavy metals by different biochars in water and two

土壤污染與整治技術(一)

soils

Chen-Chi Tsai*, Yu-Fang Chang

Department of Forestry and Natural Resources, National Ilan University

*E-mail: cctsai@niu.edu.tw

The mobility and bioavailability of heavy metal contaminants strongly depends on soil properties, especially pH, cation exchange capacity (CEC), and total organic carbon (TOC) content. There is increasing interest in the addition of stable (fixed) carbon associated with biochar, which could alter the soils' existing redox status, mineralogy, and acid-base chemistry. Depending on the feedstock and pyrolysis conditions used to produce biochar, biochar-induced changes in soil chemistry can provide additional benefits, such as the heavy metal stabilization. Information is currently lacking in the effectiveness of char amendment for heavy metal immobilization in contaminated soils where several metal contaminants coexist. The present study employed twenty-one sorbents, including three woody (formosan ash, bamboo and lead tree), six rice husk, two broiler chicken litter, and one layer chicken manure that underwent various degrees of carbonization (chars formed by pyrolysis at 250~750 °C) for heavy metal (CdII, CuII, NiII, PbII, and ZnII) immobilization in water and in two soils (Oxisols and Inceptisols).

Experiments in water were conducted to test for the ability of each biochar to immobilize a mixture of heavy metals (1.5 mM each at t_0) in water. Initial pH values (pH $_{t_0}$ after 48 h of equilibration in 0.01 M NaCl) of 5 g/L biochar suspensions ranged between 6.27 for broiler chicken litter and 9.93 for woody formosan ash. After equilibration with metal ions (1.5 mM each of CdII, CuII, NiII, PbII, and ZnII, added together to each reactor at t_0) for 48 h, a dramatic decrease in pH (ranging from pH 5.25 to 5.70) was observed for all sorbents investigated (pH $_t$, especially for high temperature charred-woody (Δ pH = 3.85-4.43), rich husk (Δ pH = 3.30) and poultry litter (Δ pH = 3.52-4.37)). The sorption capacity of chars strongly depended on the metal ion type, showing the following trend for greater removal from solution:

ZnII < NiII < CdII < CuII < PbII. This trend was observed for all chars. Generally, the sorption capacity of broiler chicken litter and layer chicken manure derived biochar were greater than woody and rice husk biochar. In addition, both chicken litter and manure charred at low temperature showed higher sorption capacity than at high temperature.

In addition, experiments in two soils (Pc soil, Oxisols; Eh soil, Inceptisols) were

土壤污染與整治技術(一)

conducted to test for the effects of char amendment (10%, w/w) on the mobility of a mixture of selected heavy metals (1.5 mM each added at t_0) in soil (20 g of soil L^{-1}). All experiments involving soil were conducted using synthetic rain water (SRW, pH 4.5) to simulate contaminant leaching by percolating rainfall. The initial pH of soil with and without biochar (after 48 h of equilibration in SRW) ranged between 6.04 and 7.29 for Oxisols, and between 6.65 and 8.23 for Inceptisols. After subsequent equilibration with metal ions for 48 h, a dramatic decrease in pH was observed, ranging from 4.36 to 5.64 for Oxisols and from 5.45 to 7.34 for Inceptisols. In addition, the pH change was less dramatic in Oxisols ($\Delta pH = 1.05-1.92$) than in Inceptisols ($\Delta pH = 0.87-2.78$), indicating a buffering capacity of the Oxisols. Determined pH before and after 48 h of equilibration of soil (20g of soil L^{-1}) and biochars (10% in g of char g^{-1} of soil) without a mixture of heavy metals shown slightly difference, mostly less than pH 0.3, for Oxisols and Inceptisols. In Inceptisols, broiler chicken litter and layer chicken manure biochar amendment significantly enhanced the metal retention for PbII, CuII and CdII, but woody and rice husk biochar retained less. In Oxisols, similar change occurred in woody and rice husk biochar amendment, but more PbII and CuII were retained. Layer chicken manure biochar amendment retained considerable portions of PbII, CuII and CdII, and less NiII and ZnII. In addition, broiler chicken litter biochar amendment also can retain considerable PbII and CuII, but it released more CdII, NiII and ZnII into solution.

Key words: Heavy metals, immobilization, biochar, Oxisols, Inceptisols

粘細菌是一種與細菌群落結構密切相關、農田土壤中廣泛分佈的微生物

Predatory Myxococcales is widely distributed in and closely correlated with the bacterial community structure of agricultural land

Wenhui Wang^{1,2}、Hui Wang^{1*}、Zhongli Cui^{2*}

¹Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

²Key Laboratory of Agricultural Environmental Microbiology of Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

*Email: hwang@issas.ac.cn

Predation is commonly considered a key factor in regulating community structure or function. Although predation has been extensively explored in animals and microbial eukaryotes, predation by bacteria in agricultural land is poorly understood. In this study, we explored the community structure of predatory bacteria and their potential effects on other bacteria in three types of crop soils under organic or conventional management. The results revealed that 10 groups of predatory bacterial species accounted for 0.53-16.27% of the soil bacterial community. Soil pH was positively correlated with more than half of the predatory bacteria ($P < 0.05$, including Myxococcales). Myxococcales exhibited high abundance and widespread distribution in all of the soil samples, with a relatively uniform distribution in the three soil types. Myxococcales were significantly positively correlated with eight other predatory bacteria and with bacterial community Shannon and Abundance-based and Coverage Estimator (ACE) indices. Network analysis indicated that predatory bacteria, especially Myxococcales, co-occur with other nutrition-related bacteria. Under organic conditions, the abundance of Myxococcales significantly increased. Considering that Myxococcales have a higher adaptive potential and broader prey spectrum, we conclude that members of this bacterial order are important and active predators regulating bacterial communities in agricultural land. However, additional direct evidence is required to illustrate how Myxococcales alter bacterial community structure.

Key word: predatory bacteria; Myxococcales; soil bacteria community diversity; wolfpack; network analysis

棘孢木黴菌對番茄養分吸收和萎凋病的影響

Effects of *Trichoderma asperellum* on nutrient uptake and Fusarium wilt of tomato

劉敬慈¹、李映姿¹、黃政華^{1,*}

¹ 中興大學土壤環境科學系

*E-mail: chhuang@nchu.edu.tw

摘要

番茄為全球重要的蔬菜作物之一，但由 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* 所引起的萎凋病常造成全球番茄生產之嚴重經濟損失。本研究評估以棘孢木黴菌 (*Trichoderma asperellum* strain CHF 78) 防治番茄萎凋病之可行性，並探討種植於三種不同介質 (泥炭土、石英砂、土壤) 中的番茄接種木黴菌對防治萎凋病之效率和番茄養分吸收的影響。結果顯示，栽培於泥炭土和石英砂之番茄接種 CHF 78 可顯著降低番茄萎凋病之罹病度達 55.4% 和 56.2%，但以酸性通霄土壤為栽培介質者之罹病度僅降低 2.90%。相關分析結果顯示，番茄植株之養分吸收量與萎凋病之罹病度呈顯著負相關。菌株 CHF 78 可用於防治番茄萎凋病，惟酸性土壤之應用方法須進一步研究以提高其生物防治效率。

關鍵詞：植物營養，生物防治，病害管理，土壤傳播性病害。

前言

番茄萎凋病由土生性病原菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) 所引起，嚴重影響全球番茄之生產。傳統上以土壤燻蒸劑防治番茄萎凋病，但化學藥劑造成之環境汙染問題及病原菌可能重新盤據燻蒸後之土壤，增加管理番茄萎凋病的困難 (Li et al., 2018)。木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 已被證實可用於防治土壤傳播性病害，本研究在於評估本土木黴菌菌株對番茄吸收和萎凋病發生的影響。

材料與方法

本研究自雞糞堆肥分離可抑制數種病原菌的木黴菌菌株 CHF 78，並以 internal transcribed spacer (ITS) 及 translation elongation factor-1a (TEF1a) 之核苷酸序列鑑定其分類地位。將種植於不同栽培介質 (泥炭土、石英砂、通霄土壤 (Tongxiao soil)) 的二週大番茄苗 (農友 301) 進行下列處理: (A) 不接菌 (Control)；(B) 接種木黴菌 (CHF 78)；(C) 接種番茄萎凋病 (FOL 146)；(D) 先接種木黴菌並於第四天再接種番茄萎凋病菌 (CHF 78-FOL 146)；(E) 先接種番茄萎凋病菌並於第四天再接種木黴菌 (FOL 146-CHF 78)，每處理 6 重複，接種後之盆栽放置於 28°C 恆溫生長箱，日照時間設定於 12 小時，灌溉以去離子水適時添加，並每週三天添加 10

土壤生態與微生物利用

mL Hoagland 養液以提供番茄生長之養分。接種後四週調查罹病度、株高及乾重，並進行植體養分分析，本研究進行兩次重複試驗。

結果與討論

一、番茄接種 CHF 78 對萎凋病罹病度之影響

菌株 CHF 78 經分子系統演化分析鑑定為 *Trichoderma asperellum*。栽培於泥炭土和石英砂之番茄無論是先接種或是後接種 CHF 78 均能顯著降低萎凋病之罹病度，但種植於通霄土之番茄接種 CHF 78 並未能顯著降低罹病率，推測可能低土壤酸鹼度值有利於發病條件，故降低 CHF 78 之生物防治效率 (Fig. 1)。然而，種植於三種介質之番茄接種 CHF 78 皆可顯著增加乾重，顯示該菌株可促進植物生長。

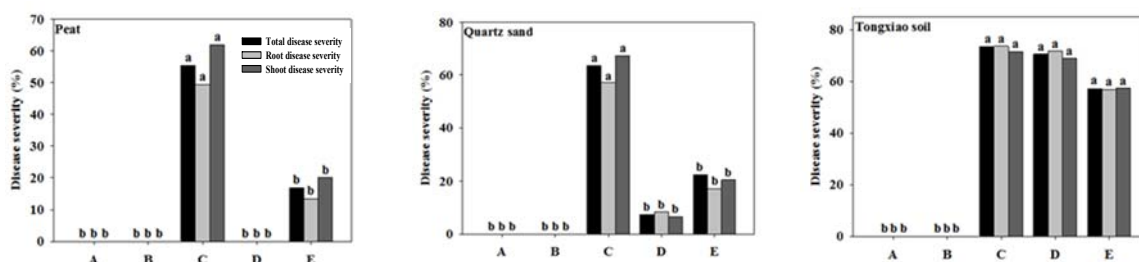


Fig. 1. Effect of tomato plants grown in different media and inoculated with *Trichoderma asperellum* CHF 78 on disease severity of Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* strain FOL 146. A = Control; B = CHF 78; C = FOL 146; D = CHF 78-FOL 146; E = FOL 146-CHF 78. Bars with different letters on the same rating parameter are significantly different ($p < 0.05$).

二、植體養分吸收量與罹病度之間的關係

與未接種 FOL 相較，番茄接種 CHF 78 可顯著增加錳之吸收量，可能該菌株可分泌載鐵物質 (Siderophores) 所致，而增加錳吸收量有助於誘導植物抗病和抑制病原菌 (Li et al., 2018)。相關分析結果顯示，番茄植株之氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅及鋅吸收量與萎凋病之罹病度呈顯著負相關，顯示番茄接種 CHF 78 不僅可降低萎凋病之發生，亦可促進番茄植株生長和養分吸收。

菌株 CHF 78 可用於防治番茄萎凋病，並可促進番茄的生長和養分吸收，惟酸性土壤之應用方法須進一步研究，以提高其生物防治效率。

參考文獻

- 李映姿。2016。棘孢木黴菌對番茄養分吸收和萎凋病的影響。國立中興大學土壤環境科學系碩士學位論文。
- Li, Y.-Y., S.-G. Hwang, Y.-M. Huang and C.-H. Huang. 2018. Effects of *Trichoderma asperellum* on nutrient uptake and Fusarium wilt of tomato. *Crop Protect.* 110: 275–282.

半結球萵苣於鄰苯二甲酸二丁酯暴露下之植生復育與蛋白質體差異

Phytoremediation and proteome differences of Garden lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) when exposed to di-n-butyl phthalate

廖健森^{1,2*}、施宇庭¹

¹ 義守大學土木與生態工程學系

² 義守大學生物技術暨化學工程研究所

*E-mail: csliao@isu.edu.tw

摘要

鄰苯二甲酸二丁酯(di-butyl phthalate, DBP)為一類被廣泛使用，並廣泛流佈於生態環境中之塑化劑。由於許多研究已證明其具有人類胚胎及生殖毒性，因此已被認為是一種內分泌干擾物質(endocrine disruptor)。本研究期望針對 DBP 進行植生復育之研究，並以蛋白質體學分析，深入探討復育前後植體內蛋白質體之變化。研究前期，先以台灣常見之十一種葉菜類植物作為初步篩選對象，從中選出對 DBP 植生復育能力最強之半結球萵苣(*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*)作為供試植物。其次，以半結球萵苣進行 DBP 植生復育試驗，分析試驗後，DBP 於培養溶液中與植體根、莖、葉不同部分中之殘留與累積濃度，用以判斷植體是以何種方式進行復育。第三，以改變不同植物培養條件，包括：酸鹼值、每日光照時間、日夜間培養溫度、不同 DBP 添加濃度以及添加不同非離子型介面活性劑等因子，來建構半結球萵苣對 DBP 進行植生復育時之最佳培養條件。第四，研究參照水樣急毒性檢測方法--藻類靜水式法，以小球藻(*Chlorella vulgaris*)作為測試物種，對植生復育後之培養液進行生物集毒性試驗，以分析植生復育後之培養液，是否具有代謝產物或毒物本身殘餘之毒性。最後，以蛋白質二維電泳與飛行時間質譜儀等技術，分析植生復育前後之半結球萵苣體內蛋白質體變化，藉以深入瞭解植體在植生復育過程中之內部生理變化情形。

關鍵詞：植生復育；半結球萵苣；鄰苯二甲酸二丁酯；蛋白質體；急毒性分析。

前言

鄰苯二甲酸二丁酯為一類被廣泛使用，並廣泛流佈於生態環境中之塑化劑。由於塑膠於農業行為上的大量應用，各國的研究報導中顯示，近年來 DBP 被廣泛在農業土壤、地下水、周邊河川水與底泥中被分析出來(Kaewlaoyong, Acharee, et al., 2018)。植生復育技術(Phytoremediation technique)為一種新進且廣受矚目的生物復育技術，其定義為：直接利用植物把受污染土地或地下水中的重金屬或有機污染物移除、分解或圍堵。蛋白質體學，是指利用蛋白質二維電泳、飛行時間質譜儀、

土壤生態與微生物利用

生物資訊軟體與資料庫等技術，來分析生物體內總蛋白質變化之一門學科。利用蛋白質體之分析，可以得知植物在植生復育過程中，植體內所產生之各項酵素與代謝變化，藉以推論植體之生理變化。

材料與方法

本研究選用包括油菜心、青梗白菜、波菜、蚵仔白、水白菜、洛葵、芹菜、莧菜、花椰菜、韭菜與半結球萵苣等 11 種台灣常見之葉菜類作物作為供試植物。供試植物的選取標準，是依其培養條件之難易度、植株大小、以及成長時間等來作為選擇。水耕培養液成分：每十公升去離子水包含 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.03 kg、 KNO_3 0.83 kg、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.55 kg、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0.16 kg、Fe-EDTA 30 g、 H_3BO_3 2.9 g、Cu-EDTA 0.128 g、Zn-EDTA 0.32 g、Mn-EDTA 3.98 g、 $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.03 g。

結果與討論

於十一種葉菜類植物中，半結球萵苣對 DBP 之植生復育效率最佳，因此選為本研究之供試植物。對 DBP 濃度進行分析，發現植生復育實驗後，培養液中之 DBP 濃度下降，半球球萵苣根莖葉中，均測到 DBP 之累積，顯示半球球萵苣是以吸收的方式，來對 DBP 進行復育去除。在植生復育最佳培養條件方面，各項最佳培養條件分別是：培養酸鹼值為 pH 8、每日照光 11 小時/黑暗 13 小時、日間培養溫度 23 °C/夜間 21 °C、DBP 添加濃度為 1 ppm、非離子型介面活性劑 tween80 添加濃度為 1 CMC。植生復育 DBP 之最佳 $t_{1/2}$ 值為 2.304 天(1 ppm)。生物急毒性的分析結果顯示，DBP 對小球藻之半數有效濃度(EC_{50})為 4.9 mg L^{-1} ，經植生復育後，DBP 對小球藻之生物毒性明顯降低，藻類葉綠素 *a* 濃度顯著提升。最後，在蛋白質體的分析上，結果發現，植生復育後，半結球萵苣中有四種蛋白質體濃度下降，分別是：Photosystem II reaction center protein H, Putative ADP-ribosylation factor, 30S ribosomal protein S7, chloroplastic 與 Protection of telomeres 1 protein，另有兩種蛋白質體濃度上升，分別是：NBS-LRR resistance-like protein RGC1F 與 DNA-directed RNA polymerase subunit beta。前四種經植生復育後濃度降低之蛋白質體，皆與植物光合作用光反應及各式生長調節系統有關。此外，另外兩種經復育後濃度會提升之蛋白質體，則是與植物逆境酵素有關，此結果亦說明 DBP 對半結球萵苣產生逆境之影響。本研究之結論，即是利用半結球萵苣，在最佳之培養條件下，可以有效復育環境中常見之 DBP，雖然蛋白質體分析結果顯示，植體於復育過程中，的確受到 DBP 些微之毒性影響，然植體本身仍能有效進行復育。

參考文獻

Kaewlaoyoong, A., Vu, C. T., Lin, C., Liao, C. S. and Chen, J. R. 2018 Occurrence of phthalate esters around the major plastic industrial area in southern Taiwan. Environ. Earth Sci. 77:457.

次生林不同疏伐處理初期對土壤微生物群落結構的影響

The influence of different thinning strength on soil microbial community structure at initial stage in a secondary forest.

吳羽婷^{1*}、張義宏²、陳朝圳¹

¹屏東科技大學森林系 ²馬偕醫護管理專科學校

*通訊作者(yutingwu@mail.npust.edu.tw)

摘要

台東達仁鄉達仁林場地屬熱帶氣候，是北半球中生物歧異度最豐富的森林生態系之一。本研究欲監測位於達仁林場內一公頃永久樣區 (22°27'N 120°82'E)經過五種不同林木疏伐強度處理後 (80、60、40、20 及 0%) 對於土壤物理化學及生物性質是否有差異。疏伐後初期採樣分析土壤物理化學性質、養份回歸及土壤微生物群落結構。本研究以磷脂酸(phospholipid fatty acid, PLFA)分析土壤微生物群落結構並了解功能性微生物群的分佈及消長情形。統計分析結果顯示疏伐後初期土壤物理化學性質並無顯著受到疏伐強度的影響，但是總微生物量及功能性微生物群(i14:0, 16:1 ω 9c/12c, 10Me16:0, 18:1 ω 9c, 16:1 ω 5c)則明顯受到不同疏伐強度而有改變。同時多重變異分析顯示該樣區微生物群落結構受到地上部養份回歸包括凋落物的碳、氮、鉀、鈣及鎂的影響遠比土壤的物理化學性質更顯著。

關鍵字: 磷脂酸、達仁林場、養份回歸、疏伐處理、永久樣區

前言

林木疏伐是森林永續經營改善生態環境重要的策略，可使林木生長通直增加胸徑提高材積量與木材品質，同時使太陽輻射進入至林地，促進光合作用和林地表面枯落物分解，提高林分內生物多樣性與林木本身的抵抗性。森林土壤微生物於森林生態系功能中扮演重要的角色尤其是有機物質的分解、養分循環及土壤的化育。土壤微生物的群落結構受生態系許多因素所影響包括土壤物理化學性質、植群組成及植群生產力等。本研究將長期監測土壤微生物群落結構的動態變化，探討次生林不同林木疏伐度下對其動態變化的影響，可供後續次生林經營進行疏伐參考用。

材料與方法

本研究場址位於台東達仁鄉達仁林場內一公頃次生林永久樣區 (22°27'N 120°82'E)，海拔約 180-916 公尺，屬於恆春半島的東南氣候區。夏季受西南季風影

土壤生態與微生物利用

響，冬季則受東北季風影響，全年有雨，趨於恆濕性氣候，因而出現臺灣少數的雨林型態森林，是北半球中生物歧異度最豐富的森林生態系之一。樣區內共記錄維管束植物 34 科 61 屬 83 種，屬於浸水營石櫟-長尾栲群叢，地被植物共記錄 23 科 19 屬 30 種物種。該永久樣區於 2015 年 11 月進行五種不同林木疏伐強度處理 (80、60、40、20 及 0%) 數月後進行第一次土壤物理化學性質及微生物群落結構分析。此外也包括地上部凋落物養份回歸分析。本研究採以磷脂酸(phospholipid fatty acid, PLFA)分析土壤微生物群落結構以了解特定功能性微生物群的分佈情形。PLFA 為構成活性微生物細胞膜的主要成分，此方法可在短時間內同時精確迅速的檢測具活性的功能性微生物群。是生態學上探討大尺度功能性微生物群落結構且可信賴的分析方法。後續以 R 統計進行所有相關統計分析。

結果與討論

不同林木疏伐度處理的小樣區表土土壤物理化學性質包括含水率、pH、全氮量、有機質、有效磷、陽離子含量及交換能力於疏伐後初期並無顯著的差異，推測採樣的時間點僅於疏伐後數月，仍不足以顯現出差異。土壤微生物群落結構選定 21 種磷脂酸作為指標，其中 16:1 ω 5c 代表叢枝菌根菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)；18:2 ω 6, 9c 代表一般真菌(general fungi)；i15:0 代表革蘭氏陽性菌(Gram-positive bacteria, Gram⁺)；16:1 ω 7c 代表革蘭氏陰性菌(Gram-negative bacteria, Gram⁻)及 10Me16:0 代表放射線菌(Actinobacteria)。該樣地不同疏伐強度初期對土壤微生物群落結構並無顯著影響，反而明顯受到採樣時間點前月份地上部凋落物養份回歸的影響，尤其是凋落物的鉀含量及部份土壤物理化學性質包括土壤有機質。顯示疏伐後初期地上部養份迴歸量比土壤性質影響土壤微生物群落結構更顯著。另一方面，總微生物量(Total microbial biomass)及功能性微生物群生物量之間則受到不同疏伐強度而有改變的趨勢。推測不同疏伐強度直接影響地上部凋落物養份迴歸濃度，而使某些具功能性微生物消長。

我國設施農業環境酞酸酯狀況及人體暴露研究

Phthalate pollution in plastic greenhouse agriculture and its human exposure in China

黃標*、張燕霞

中國科學院南京土壤研究所

*E-mail: bhuang@issas.ac.cn

設施農業作為一種提供反季節蔬菜、延長蔬菜供應週期的農業生產方式為滿足現代人的飲食消費需求發揮了重要作用。然而，設施棚膜和地膜中的酞酸酯類化合物釋放量高，導致設施土壤、大氣、蔬菜等介質的酞酸酯濃度高於一般大田。隨著我國設施面積與設施蔬菜消費量的激增，設施蔬菜生產及食用過程中酞酸酯的人體暴露風險增加。為系統瞭解我國設施農業環境酞酸酯狀況及人體暴露水準，本研究以設施蔬菜生產系統為物件，根據我國各地區農膜使用情況，農膜酞酸酯密度、對流傳質係數、平衡分配係數等參數、以及 GIS 技術模擬農膜使用產生的酞酸酯的空間分佈狀況。並根據文獻資料、實地調查、採樣分析獲得設施大棚土壤、植物、大氣等介質酞酸酯濃度，根據暴露情景模型類比分年齡、地區、性別、收入水準等不同人群對設施蔬菜系統酞酸酯的暴露水準。結果顯示，我國山東、新疆、寧夏與廣西交界處、江蘇北部、四川西部、雲南東部等地區的農膜產生的酞酸酯的量高於其他地區。暴露結果顯示，針對設施大棚勞作者，設施蔬菜食入與在大棚中的空氣吸入導致的酞酸酯的暴露量分別占設施蔬菜系統酞酸酯暴露總量的比重高達 62%、35%。針對居民食入設施蔬菜酞酸酯暴露結果顯示，幼兒的暴露量最高，其次是學齡兒童、青少年、成年人，幼兒的暴露水準高達成人的 3 倍。城市居民的暴露量高於農村。中高收入人群的食入酞酸酯的暴露水準最高，高出低收入者暴露水準的 30%。由於飲食習慣差異，東北、南方省份居民的暴露水準高於中部省份。我國居民設施蔬菜食入導致的酞酸酯的暴露水準超過暴露情景模型類比人體總暴露量的 10%，高達歐洲國家數十倍。因此，降低我國設施農業酞酸酯的污染狀況，減少設施蔬菜系統酞酸酯的暴露水準尤為重要，相應的政策干預、農膜標準、設施農產品酞酸酯濃度標準等一系列管理措施應納入到設施農業生產中，以減少設施農業酞酸酯的暴露風險。

關鍵詞：設施農業、酞酸酯、人體暴露。

土壤基礎研究 (二)

滴灌施肥條件下設施黃瓜生長季土壤 N₂O 和 NO 排放觀測研究

謝海寬，江雨倩，李 虎*，王立剛，王豔麗，張婧

中國農業科學院農業資源與農業區劃研究所；農業部面源污染控制重點實驗室；中國農業科學院-美國新罕布夏大學可持續農業生態系統研究聯合實驗室，北京 100081

摘要：以京郊典型設施菜地為研究物件，基於不同施肥灌溉處理，即漫灌施肥 (FP)、滴灌施肥 (FPD)、優化滴灌施肥 (OPTD) 和對照 (CK) 4 個處理，採用靜態箱-氮氧化物分析儀法，從 2016 年 3 月開始對黃瓜整個生長季的 N₂O、NO 排放進行了田間原位觀測，分析了 N₂O、NO 排放特徵及土壤溫度、土壤濕度等其的影響。結果表明，N₂O、NO 排放具有明顯的動態變化特徵，施氮處理 N₂O 隨著施肥和灌溉後 1-2 天會出現明顯的排放高峰，NO 排放峰出現在施肥和灌溉後 2-4 天，而不施氮肥處理無明顯 N₂O、NO 排放峰值，說明施加氮肥會影響 N₂O、NO 的排放。CK、FP、FPD 和 OPTD 處理 N₂O 季節排放量分別為 7.32、28.69、18.62、12.16 kg N hm⁻²；NO 季節排放量分別 0.32、0.86、0.77 和 0.70kg N hm⁻²；NO 分別占 (N₂O+NO) 總量的 4.2%、2.9%、4%、5.4%。相同氮肥施用量條件下，滴灌施肥處理相比漫灌施肥，不僅能保持作物產量，而且能減少 N₂O、NO 排放總量 34.4%、9%；均為滴灌施肥條件下，減少 40%氮肥投入能分別減少 34.7%N₂O 和 9.1%NO 排放。FP、FPD 和 OPTD 處理的 N₂O 排放係數分別為 1.78%、0.94%、0.53%；NO 排放係數分別為 0.08%、0.06%和 0.09%。這些結果表明，京郊設施菜地黃瓜生長季是一個強的 N₂O 排放源,然而卻並不是一個強的 NO 排放源。

關鍵字：滴灌施肥；設施菜地；NO 排放；減排措施

土壤基礎研究 (二)

自由樑護坡土壤碳存量回復之研究

Recovery Of Soil Carbon Storages Under Shotcrete Grid Beam-Free Frame

邵昫霆、郭玉麟、簡士濠*

屏東科技大學水土保持系

*E-mail: shjien@mail.npust.edu.tw

摘要

設置保護設施在裸露坡面可減少土壤所受到的水蝕作用，進而使坡面土壤因植生茂密快速累積有機碳。研究不同年份完工之自由樑坡面，探討土壤經施加保護設施後，土壤的物理與化學性質、地上部凋落物碳氮含量、土壤及凋落物碳存量和土壤碳存量回復速率。研究結果顯示，不同年份施作設施之土壤碳存量估算結果隨時間呈曲線增加，其關係可用方程式表示： $\text{土壤碳存量} = 10.488\ln(\text{回復時間}) + 6.012$ ，此判定係數為 0.96。根據方程式推衍，施作設施之土壤碳存量大約需要 80 年左右才會接近天然林土壤碳存量之結果。凋落物碳存量方面，2017 完工設施凋落物碳存量为 $1.48 \pm 0.04 \text{ Mg ha}^{-1}$ ，其餘年份完工設施與對照組地上部凋落物碳存量差異不大，碳存量介於 $2.53\text{--}2.69 \text{ Mg ha}^{-1}$ 。土壤碳氮比介於 20-30 之間，其隨著時間增加，有下降之趨勢；凋落物碳氮比介於 40-50 之間，在不同年份間並無顯著差異。

關鍵字：自由樑、土壤碳存量、碳氮比

前言

Jasmin et al. (2017)調查曾文水庫集水區崩塌地發現，崩塌地穩定後 6 年，因稀疏植被造成碳輸入有限，土壤碳存量累積為 $2.9 \pm 0.6 \text{ Mg/ha}$ ，穩定後 11 年植被密集且營養層覆蓋，碳存量累積 $17.3 \pm 1.7 \text{ Mg/ha}$ ，崩塌地穩定狀態下土壤有機碳持續累積，26 年後達到 $45.8 \pm 8.5 \text{ Mg/ha}$ ，崩塌後 41 年達到 $75.6 \pm 5.0 \text{ Mg/ha}$ ，土壤有機碳累積速率為 $2 \text{ Mg/ha}\cdot\text{yr}$ ，整體呈現穩定增加。

土壤有機碳主要來源為植物落葉、枯枝、種子及林下植物等，受生物分解後形成有機碳。不同種類植物的枯枝落葉分解速率不同，而影響有機碳進入土壤的時間與累積量 (白創文等人, 2014)。Pretzsch (2005)指出，混合林生物量通常高於純林，而且混合林有助於土壤有機碳穩定性與提高儲存量。路翔等人(2012)調查發現，在凋落物高峰期森林公園內四種亞熱帶森林凋落物現存量多寡依次為青岡-石櫟林 ($12.04 \pm 3.60 \text{ Mg/ha}$) > 馬尾松-石櫟林 ($11.65 \pm 2.15 \text{ Mg/ha}$) > 南酸棗林 ($9.12 \pm 2.30 \text{ Mg/ha}$) > 杉木林 ($8.92 \pm 1.80 \text{ Mg/ha}$)，顯示混合林凋落物現存量高於純林之情況。廖品琇(2017)指出地上部生物數量不多且樹木直徑較小時，會使得輸入的枯木量較低。而枯木直徑小且枯木密度低的情況，會造成枯木分解速率較高。

土壤基礎研究 (二)

材料與方法

1. 土壤物理與化學性質分析：

土壤含水量：重量法；土壤含石量：重量法；土壤總體密度：土環法；土壤質地：吸管法；土壤反應(pH)：玻璃電極法；土壤有機碳：Walkey-Black 濕式氧化法；總碳含量：燃燒失重法；總氮含量：酸消化法。

2. 土壤有機碳儲存量計算：

土壤中之碳儲存量利用下列方程式計算而得(Batjes, 1996)

$$Td = \rho_i \times P_i \times D_i \times (1 - S_i)$$

式中：Td 為單位面積土壤深度(d)下有機碳的總量(Mg m⁻²)；i 為土壤層，i=1, 2, ...k； ρ_i 為土壤層次 i 的總體密度(Mg m⁻³)； P_i 為土壤層次 i 的有機碳含量(g C (g soils⁻¹))； D_i 為土壤層次 i 的厚度(m)； S_i 為土壤層次 i 中直徑 >2mm 的比例(%)。

3. 凋落物總碳與總氮分析：

總碳含量：燃燒失重法；總氮含量：酸消化法。

結果與討論

各年份完工設施與對照組估算之土壤碳存量，2017 年完工為 7.6±1.0 Mg ha⁻¹，2014 年完工為 14.6±0.9 Mg ha⁻¹，2012 年完工為 22.9±1 Mg ha⁻¹，2006 年完工為 32.7±1.6 Mg ha⁻¹，對照組為 52.0±5.0 Mg ha⁻¹(圖 1)。本研究計算自施做護坡後，有機碳回復時間與土壤有機碳存量之間的關係，可利用以下方程式代表：土壤碳存量 = 10.488·ln(回復時間) + 6.0126，此判定係數為 0.96(圖 2)。數據結果與天然林相比，大約需要 80 年左右施作設施之土壤碳存量才會接近。凋落物碳存量方面，2017 完工因缺少枯枝，因此在凋落物乾重有明顯差異，進而影響估算之碳含量，2017 完工設施地上部凋落物碳存量為 1.48±0.04 Mg ha⁻¹，其餘年份完工設施與對照組地上部凋落物碳存量差異不大，碳存量介於 2.53-2.69 Mg ha⁻¹(圖 3)。

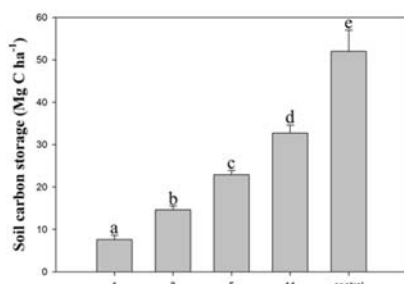


圖 1. 各年份完工護坡設施與對照組土壤碳存量(顯著性分析使用單因子變異數分析；杜凱確實差異檢定；p<0.05)

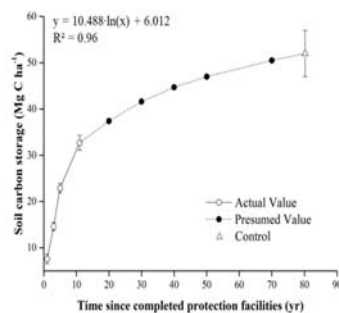


圖 2. 施作設施後不同年份碳存量實測與推估曲線圖

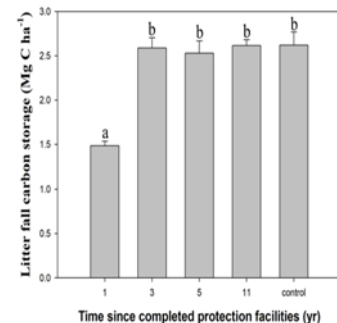


圖 3. 各年份完工護坡設施與對照組地上部凋落物碳存量(顯著性分析使用單因子變異數分析；杜凱確實差異檢定；p<0.05)

土壤基礎研究 (二)

隨著時間增加土壤碳氮比有下降之趨勢，在 2017 年完工土壤深度 30-50 公分碳氮比高於 30(圖 4)，可能有氮含量不足之問題，微生物會從環境吸收氮而使生物固定作用明顯，剩餘其他年份與對照組土壤碳氮比皆於 20-30 之間，較無氮含量過剩或是氮含量過多之問題。各年份完工設施與對照組之凋落物碳氮比較無明顯之差異，其值介於 40-50 之間(圖 5)，推估各年份完工收集之凋落物可能還為新鮮有機物之程度，而含有高的碳氮比，雖在土壤中分解速率較慢，但能提供較多穩定的腐植質。

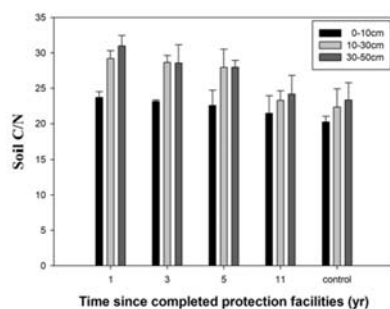


圖 4. 各年份完工護坡設施及對照組土壤碳氮比

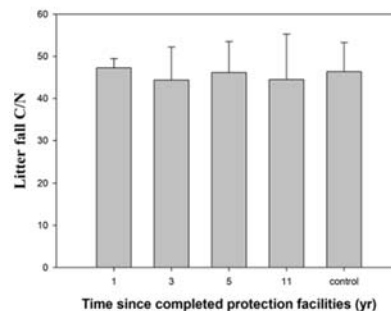


圖 5. 各年份完工護坡設施及對照組凋落物碳氮比

參考文獻

1. 白創文、莊愷瑋、鄭智馨、王亞男、陳秋萍，2014，「台灣中部溪頭地區相鄰之天然闊葉林、柳杉人工林與竹林之土壤有機碳儲存量與垂直分佈」，土壤與環境，第 17 卷，第 1 期，第 37-49 頁。
2. 路翔、項文化、任輝、彭長輝，2012，「中亞熱帶四種森林凋落物及碳氮貯量比較」，生態學雜誌，第 31 卷，第 9 期，第 2234-2240 頁。
3. 廖品琇，2017，台灣南仁山熱帶森林的碳存量及收支，碩士論文，國立中興大學，生命科學系研究所，台中。
4. Jasmin, S., Jien, S. H., Lee, T. Y., Huang, J. C., Hseu, Z. Y., Lin, Z. L., Lee, L. C., Hein, T., Mentler, A. and Zehetner, F., 2017, "Soil and biomass carbon re-accumulation after landslide disturbances," *Geomorphology*, Vol. 288, pp. 164-174.

土壤基礎研究 (二)

凋落物分解轉化為土壤固碳能力的控制機制及其預測

Controlling mechanisms and prediction of transformation of plant litters into mineral-associated carbon

劉凱¹、許玉芝¹、張斌^{2,1*}

¹ 中國科學院東北地理與農業生態研究所

² 中國農業科學院農業資源與農業區劃研究所

*E-mail: zhangbin01@caas.cn

土壤有機碳庫是陸地生態系統最大的碳庫，提高土壤有機碳庫對提高土壤肥力和減緩氣候變化具有重要意義。人們不同土壤的固碳潛力及其控制機制尚存在爭論。粘土礦物類型因為其表面特性差異，不僅影響對有機物的吸附能力，而且影響土壤微生物的群落結構，兩種共同作用結果將決定凋落物分解及其分解產物的固定，是根據礦物類型預測土壤固碳能力的前提。本研究通過 120 天田間培養實驗，研究了礦物類型（高嶺石，蒙脫石，伊利石）和黑土母質土壤添加不同類型凋落物（玉米和大豆秸稈）接種典型黑土微生物後凋落物分解與礦物結合態有機碳的含量及其結構（NMR）、土壤微生物群落結構（磷脂脂肪酸）以及有機無機複合體的結構（X-衍射和 XPS），旨在區分礦物類型控制土壤固碳潛力的機制。研究結果表明，考慮礦物固定能力的係數的雙指數模型可以很好地類比 CO₂ 釋放量及秸稈類型的差異：玉米秸稈中的易降解有機碳的降解速率顯著低於大豆秸稈的；礦物吸附的玉米秸稈和大豆秸稈難降解有機碳的降解速率從 13 年到 197 年不等。蒙脫石固定的有機碳中，易降解部分的降解速率顯著低於高嶺石和伊利石。根據黑土母質土壤中高嶺石，蒙脫石，伊利石和蒙脫石-伊利石混合型礦物的比例和模擬出的不同礦物的有機質固定能力的係數，所預測秸稈分解被黑土母質固定的土壤有機碳與實測值非常接近 ($P < 0.05$)。土壤微生物群落結構（磷脂脂肪酸）的 PCA 結果表明，降解有機質的微生物群落結構受到黏土礦物類型和添加秸稈類型的共同影響。伊利石中，玉米秸稈處理的殘體微生物含量顯著高於大豆秸稈處理；蒙脫石中，細菌微生物的周轉速率顯著高於真菌；玉米秸稈處理的活性微生物含量顯著低於大豆秸稈處理。回歸分析結果表明，黏土礦物中的無定型氧化鐵，黏土礦物的比表面積以及秸稈類型是黏土礦物穩定有機碳主要機制，而隨著土壤 pH 增加及微生物因素顯著影響土壤有機碳分解。通徑分析結果進一步表明，黏土礦物的比表面積 ($R = 1.17^{**}$) 以及添加秸稈類型 ($R = -0.57^{**}$) 是最重要的礦物結合態有機碳的主要控制因素。NMR 光譜說明土壤礦物和凋落物類型影響土壤有機碳的化學結構，X-衍射和 XPS 分析說明不同礦物固定土壤有機碳的機制不同。

關鍵詞：礦物結合態有機碳、礦物類型、凋落物類型、土壤固碳能力。

土壤基礎研究 (二)

土壤基礎研究 (二)

規模化豬場糞汙廢水生物聚沉氧化處理：生產性實驗

周立祥*，王電站，顏成，葉韜，文強，鄔振江，梁劍茹

(南京農業大學資源與環境科學學院環境工程系 江蘇 南京 210095)

摘要：針對我國豬場糞汙廢水現行厭氧-好氧活性污泥法處理模式達標難度大運行成本高的問題，研發出生物聚沉氧化新工藝 (Bio-coagulation Dewatering followed by Bio-oxidation, 簡稱 BDBO 工藝)。它是利用一種有絮凝作用的微生物菌液對糞汙廢水進行絮凝沉降，糞渣或沉澱污泥則采生物聚沉深度脫水技術進行脫水，脫水後的清澈濾液和絮凝後上清液採用生化方法快速處理，使其達標的一種新工藝。本研究在廣東惠州某 5 萬頭豬場構築了採用該工藝的實際工程，通過現場採樣，詳細分析新工藝各個單元的污染物，包括化學需氧量 (COD)、氨氮、總氮 (TN) 和總磷 (TP) 的變化情況，研究了新工藝對豬場糞汙廢水的處理效果及機制。結果顯示，在水力停留時間(HRT)僅為 2.5d 的新工藝系統中，豬場糞汙原水 (進水) 的 COD、氨氮和 TP 分別為 11697 ± 1484 、 837 ± 25 、 532 ± 97 mg/L，處理出水水質分別為 273 ± 58 、 44 ± 9 、 4.5 ± 1.0 mg/L，總去除率分別達到了 97.7%、94.7%、99.2%，出水遠優於國家畜禽養殖業污染物排放標準(GB18596-2001)。運行成本大約 6 元/噸，比老系統 (採用生化處理+物化處理組合工藝) 出水水質更好，成本約為老系統的 1/2~1/3，並同步解決了污泥的深度脫水問題。研究發現新工藝可相對快速處理達標並且成本相對較低，其機制在於廢水進入常規生化系統 (A²/O) 之前，高效去除了懸浮顆粒物 (SS)，使得以 SS 形式存在的 COD，P 和部分 N 被大幅度消滅。新工藝解決了目前豬場廢水處理時間長、難達標 (尤其是氨氮)、運行成本高的難題。

關鍵字：豬場廢水；生物聚沉氧化；深度脫水；水質淨化

土壤肥力與施肥技術(二)

化肥減量配合紫雲英翻壓還田對水稻生長及土壤養分的影響

楊利^{1,2}、袁迎春³、劉克芝^{4,5}、郭紅豔³、何治芳⁴、張富林^{1,5}

(1、湖北省農業科學院植保土肥研究所，湖北武漢，430064；2、農業部廢棄物肥料化重點實驗室，湖北武漢 430064；3、湖北省當陽市農業技術推廣中心，湖北當陽，444100；4、湖北省潛江市農業技術推廣中心，湖北潛江，433100；5、農業部潛江農業環境與耕地保育科學觀測實驗站，湖北 潛江，433116)

摘要：自上世紀 80 年代以來，中國化肥工業逐步發展，化肥得以廣泛應用，為我國糧食產量提高作出了巨大貢獻。但隨著化肥用量逐年增加，其在提高作物產量的同時，也因不合理施用引起了土壤板結、土壤品質降低、農田生產力下降、面源污染加劇等一系列問題。目前國家針對這一現象，開展化肥減施增效行動計畫。紫雲英是我國重要的綠肥作物，至今已經有兩千多年的種植歷史，有研究表明，合理種植與利用綠肥作物，不僅有利於提高土壤中有機質含量，降低土壤容重、活化土壤養分、增加土壤微生物活性。因此，建立稻田系統中綠肥參與的有機—無機肥料配施體系，對提高糧食產量、保障糧食安全、降低面源污染風險、實現農業生產的可持續發展具有非常重要的意義。

通過田間試驗，研究了化肥減量配合紫雲英翻壓還田對稻田土壤養分狀況及對水稻產量的影響。結果表明，翻壓紫雲英結合配施化肥能增加水稻生長期間土壤速效養分含量，比單施化肥能更好地滿足水稻生長對氮磷鉀養分的需求，更有利於水稻籽粒的形成。在翻壓紫雲英 30000 kg/hm² 後，配施不同比例的化肥，可使水稻增產 18.6-38.2%，尤以配施 75% 化肥（N 123.8 kg/hm²、P₂O₅ 45 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²）效果最好，能有利於水稻有效穗數、穗粒數及實粒數等的形成，水稻產量可達 8437.5kg/hm²，但當化肥用量減至 60% 時，水稻產量顯著降低，降幅達 11.8%。

關鍵字：紫雲英；化肥；水稻；土壤養分；產量

土壤肥力與施肥技術(二)

菇包廢棄物衍生之生物炭對促進堆肥腐熟化之研究

Humification improvement of compost using spent mushroom waste derived biochars

李鎮宇、李雅筑、許佩琪、陳世雄、劉瑞美*

嘉南藥理大學環境工程與科學系

*E-mail: mrmliou@mail.cnu.edu.tw

摘要

高溫裂解製成之生物炭具有較高之 pH、EC 與比表面積，不同質材製成之生物炭 C/N 比有所差異，生物炭添加可提高堆肥成品 pH 值與碳氮比，EC 值與有機質則因生物炭添加量而下降，由 E4/E6 值顯示添加生物炭可促進堆肥腐熟化。

一、前言

國內每年生產之廢棄菇類太空包約29,600萬包(Wang and Hang, 2000)，每年約需要使用超過20萬公噸之木屑，基質中仍有75%以上之乾物質尚未被完全利用，且其他要素含量亦豐(Wei et al., 2010)。少數研究將生物炭應用於堆肥，發現生物炭之多孔、疏水性與低密度特性能保留更多養分製出品質更佳的堆肥，並能提供大孔隙以利微生物生長，藉由生物炭表面官能基可降低土壤中可交換性陽離子含量，提高土壤pH值，促使重金屬污染物朝碳酸鹽、磷酸鹽、氫氧化物與鐵錳氧化物結合態轉變，降低重金屬的生物毒性(Jindo et al., 2012; Sun et al., 2016)。本研究將不同菇類廢棄物以不同熱裂解溫度製成生物炭並探討其特性，於豬糞堆肥過程中添加不同生物炭製成堆肥，以了解菇包生物炭改善堆肥品質之應用潛力。

二、材料與方法

1. 收集香菇(M)、杏鮑菇(O)及珊瑚菇(C)廢棄太空包依不同溫度(350、500 及 800°C)熱裂解製成生物炭並分析生物炭基本性質。
2. 添加 10%之不同生物炭至堆肥過程中，分析項目，包括：酸鹼值、電導度、有機質、E4/E6、元素組成與青江菜種子發芽分析。

三、結果與討論

1. 生物炭基本性質

裂解溫度與生物炭之 pH、EC、比表面積及碳氮比有關(表一)，當裂解溫度越高則生物炭 pH 值、EC 值、比表面積及碳氮比越高，pH 與 EC 升高乃因生物炭中無機離子結成鹼性物質所導致，高溫對於生物炭之微孔發展較為有利，故比表面積較高，碳氮比之變化則因不同質材組成，經熱裂解後碳氮比含量也有所不同。

2. 添加生物炭堆肥成品之影響

添加生物炭可提高堆肥pH值和明顯降低EC值(表二)，推測生物炭添加吸附大量鹽基離子，使水溶性鹽分含量減少所致。然生物炭添加並未能提高堆肥有機質含量，且堆肥碳氮比隨生物炭添加而升高，添加高裂解溫度生物炭之現象尤為顯著。添加生物炭之堆肥E4/E6值均低於未添加生物炭，顯示生物炭添加可提高堆肥中有機質的腐植化、芳香性及相對分子品質。

3. 堆肥之青江菜種子發芽分析

以堆肥與水(1:5, w/v)萃取液測試青江菜種子發芽率，結果顯示堆肥成品均有良好發芽率，與未添加生物炭之堆肥成品比較，可發現多數添加生物炭之堆肥有促

土壤肥力與施肥技術(二)

進青江菜種子胚根及胚莖之生長效益(表三)，以添加C800堆肥對胚根生長促進效益最為顯著，而胚莖生長效益以添加C500堆肥為最佳。

參考文獻

1. Jindo, K., M. A. Sanchez-monedero, and T. Hernandez et al. 2012. Biochar influences the microbial community structure during manure composting with agricultural wastes. *Sci. Total Environ.* 416 : 476-481.
2. Sun, D., Y. Lan. E. G. Xu, J. Meng, and W. Chen. 2016. Biochar as a novel niche for culturing microbial communities in composting. *Waste Management* 54: 93-100.
3. Wang, P. C and J. W. Hang. 2000. Characteristics for inhibition of cucumber damping-off by spent forest mushroom compost. *Plant Pathol. Bull.* 9:137-144.
4. Wei, Z. T., G. Y. Zhou, and Q. X. Hu. 2010. Research and utilization of edible fungi residue. *Edible Fungi China* 29:3-6.

表一、生物炭之基本性質

Biochars	pH*	EC*(mS/cm)	S _{BET} (m ² /g)	C/N
M350	9.25	0.82	0.65	48.9
M500	9.85	2.53	2.44	52.1
M800	10.06	2.89	51.95	75.2
O350	9.09	1.05	2.97	21.5
O500	9.34	1.18	5.38	19.7
O800	9.64	5.52	39.72	21.9
C350	9.67	0.92	0.54	19.8
C500	9.76	1.44	18.22	23.1
C800	12.25	4.77	26.14	42.8

*：pH、EC 樣品和水比(1：5，w/v)。

表二、堆肥成品之基本性質

compost	pH*	EC*(mS/cm)	OM(%)	E4/E6*	C/N
CK	7.78	4.68	75.92	3.98	6.86
M350	9.53	2.16	65.93	2.43	9.60
M500	9.53	2.06	68.70	3.05	12.38
M800	9.87	1.69	72.84	3.25	15.31
O350	9.59	2.24	67.34	2.86	10.30
O500	9.65	1.83	65.69	3.73	12.34
O800	9.85	1.64	64.45	2.99	14.83
C350	9.60	1.92	65.51	2.93	9.75
C500	9.62	1.86	64.29	3.57	13.05
C800	9.84	1.61	67.78	2.55	15.13

*：pH、EC、E4/E6 樣品和水比(1：5，w/v)。

表三、堆肥成品萃取液對青江菜種子之生長效益

compost	Radical(mm)	Effect ¹ (%)	Epicotyl(mm)	Effect ² (%)
CK	12	100.0	14	100.0
M350	14	120.1	15	108.8
M500	17	144.2	12	88.5
M800	16	138.5	12	89.6
O350	19	162.3	15	107.4
O500	20	174.2	12	91.3
O800	14	124.9	18	130.3
C350	21	183.2	17	126.5
C500	12	107.7	19	142.3
C800	24	203.4	18	132.8

1：胚根生長效益(%)=胚根長度(堆肥萃取液)/ 胚根長度(CK)×100%

2：胚莖生長效益(%)=胚莖長度(堆肥萃取液)/ 胚莖長度(CK)×100%

土壤肥力與施肥技術(二)

長期秸稈還田對水稻-小麥輪作制鉀平衡和土壤鉀含量的影響

林志貝^{1,2}，劉冬碧^{1,2}，範先鵬^{1,2}，夏穎^{1,2}，張富林^{1,2}，張志毅^{1,2}，熊桂雲^{1,2}

(1. 湖北省農業科學院植保土肥研究所，武漢 430064；2. 農業部廢棄物肥料化重點實驗室，武漢 430064)

摘要：秸稈直接還田作為秸稈利用的一種主要方式，是“肥料-土壤-作物”系統中移出農田的養分再次回到農田的重要途徑，也是替代化學鉀肥的有效手段。大量研究結果證實，秸稈還田在提高作物產量、促進作物養分吸收、改善土壤理化性狀尤其是維持土壤鉀平衡等方面均有良好的效果。本研究以湖北省江漢平原水稻-小麥輪作制為研究物件，研究長期秸稈還田對土壤鉀平衡和鉀含量的影響，為制定合理的化學鉀肥替代措施提供依據。試驗設置化肥（NPK）和化肥+秸稈還田（NPK+M）2個處理，其中水稻季化肥氮（N）、磷（P₂O₅）、鉀（K₂O）施用量分別為 150 kg/ha、90 kg/ha 和 90 kg/ha，小麥季分別為 120 kg/ha、75 kg/ha 和 60 kg/ha；水稻秸稈還田到小麥季，小麥秸稈還田到水稻季，為便於統一計量，還田的秸稈均來自于附近同一田塊，還田量均為 6000 kg/ha，鉀平衡=化學鉀+還田秸稈鉀-作物吸收移出鉀。結果顯示：在連續種植 10 個輪作週期即 20 季作物之後，NPK 處理水稻季年均 K 虧缺量 106 kg/ha，小麥季年均 K 虧缺量 16 kg/ha，水稻-小麥輪作制年均 K 虧缺總量 122 kg/ha；NPK+M 處理水稻季年均 K 虧缺量 49 kg/ha，小麥季年均 K 盈餘量 111 kg/ha，水稻-小麥輪作制年均 K 盈餘總量 62 kg/ha；NPK+M 處理耕層（0-20cm）土壤速效鉀和緩效鉀分別比 NPK 處理增加 17.6 mg/kg 和 82.0 mg/kg。結果表明，在湖北省江漢平原水稻-小麥輪作條件下實行秸稈全量還田，能促使農田土壤鉀平衡狀況由虧缺轉為盈餘，長期秸稈還田能不斷提高各種形態鉀的含量，改養土壤鉀素肥力，促進作物生產的可持續發展。

關鍵字：水稻-小麥輪作制，長期秸稈還田，鉀平衡，鉀含量

土壤肥力與施肥技術(二)

土壤肥力與施肥技術(二)

黃土高原流域尺度土壤養分流失預測

黃明斌， 史文海

(西北農林科技大學水土保持研究所，陝西楊凌 712100)

摘 要

黃土高原是世界上生態環境最脆弱、水土流失最嚴重的地區。上世紀 50 年代，年平均流失土壤 17.6 億 t，流失 N、P、K 養分 800 萬 t；後經水土保持治理，植被蓋度提高，生態環境改善，水土流失顯著下降，但年均流失土壤仍然有 3.6 億 t (2001-2009)，流失 N、P、K 養分近 160 萬 t。養分流失不僅造成土壤貧瘠，而且降低下游水質。黃土高原土壤養分流失的途徑包括顆粒性 N、P、K 隨土壤流失和水溶性 N、P、K 隨徑流流失。瞭解和預測黃土高原土壤養分流失途徑是正確開展水土保持綜合治理的前提。SWAT 模型能類比流域在不同管理措施下徑流、泥沙和養分流失量，在世界範圍廣泛應用。然而，研究表明 SWAT 模型應用於黃土高原水土和養分流失預測存在相當大的預測誤差。本研究的主要目的是提出一個 SWAT 模型的改進版 (LP-SWAT)，提高模型預測黃土高原流域徑流、泥沙和養分流失的精度。主要改進包括四個方面：(1) 改進了用於徑流預測的 SCS-CN 方法；(2) 提出了一個次降水侵蝕預報亞模型；(3) 提出了一個 4 參數的顆粒性 N 和 P 預測亞模型和 (4) 4 參數可溶性 P 和硝態氮隨徑流流失的亞模型。用黃土高原北洛河流域 (3,436km²) 16 年 (2001-2016 年) 的徑流和泥沙的日數據，9 年 (2006-2010；2013-2016) 的可溶性磷流失月測定值以及 4 年 (2013-2016 年) 的硝態氮 (NO₃-N) 流失的月資料對模型性能進行了評價，並在取相同參數的條件下比較原始 SWAT 模型和 LP-SWAT 模型的預測精度。研究結果表明，LP-SWAT 顯著提高了日徑流、日泥沙、可溶性 P 和硝態氮 (月尺度) 流失的預測精度，在標定期模擬效率分別是：84.8%、85.1%、56.6%和 51.9%，在驗證期模擬效率分別是：65.7%、67.6%、66.5%和 46.6%。分別優於 SWAT 模型的預測效率 (SWAT 模型在校準期分別是 63.8%、69.2%、-80.9%和 27.2%，在驗證期分別是 13.8%、-7.18%、-11.2%和-65.5%)。最後，用 LP-SWAT 模型對北洛河流域土壤全 N 和全 P 的流失量進行了模擬 (2001-2016)，結果發現：該流域 2001-2016 年年均全氮流失量為 1,244 噸 (其中顆粒態氮流失量占 59.4%)，年均全磷流失量為 506 噸 (其中顆粒磷流失量占 99.1%)。研究結果對流域養分管理有重要指導意義。

關鍵字：養分流失、可溶性 P、硝態氮、徑流和泥沙

基於資料庫驅動技術的土壤圖注記自動配置系統的設計與實現

雷秋良¹ 朱阿興^{2,3,4} 武淑霞¹ 張認連¹ 徐愛國¹

張維理^{1*} 孫福軍⁵

(1 農業部面源污染控制重點實驗室，中國農業科學院農業資源與農業區劃研究所，北京 100081)

(2 江蘇省地理資訊資源開發與利用協同創新中心，南京師範大學，南京 210023)

(3 中國科學院地理科學與資源研究所資源與環境資訊系統國家重點實驗室，北京 100101)

(4 Department of Geography, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706, USA.)

(5 瀋陽農業大學土地與環境學院，瀋陽 110161)

摘要 土壤注記是土壤圖製圖表達的重要內容，對理解土壤的發生、分佈具有重要意義。在基於二次土壤普查資料進行大比例尺土壤圖分幅製圖過程中，若對擁有海量土壤空間資訊的多分幅大比例尺土壤圖實現注記表達，不可能再依賴於傳統的製圖方式生成注記。為了實現注記上圖的自動化和對話模式，解決多個步驟判斷問題，構建了土壤圖注記自動配置系統。系統採用C#程式設計語言，基於資料庫驅動技術在ArcGIS 10.0平臺進行了二次開發。通過採用圖廓邊界注記壓蓋檢測與處理技術，解決注記壓蓋圖廓邊界的問題；採用圖層、分級碼、要素物件的三級控制方法，實現注記在圖層級別進行整個圖層以及背景層注記的設置，在分級碼級別上結合統計結果，實現了注記的條件判別與閾值過濾，在要素級別上實現特殊要素注記生成。以國家1:5萬基礎地理資訊資料和1:5萬土壤空間資料和屬性資料作為輸入資料，選擇F49E010012標準圖幅（位於廣東省信宜市）為例，進行注記自動化配置的應用。需要上注記的基礎地理資訊要素包括居民點、線狀水系、面狀水系、面狀境界等圖層，土壤空間資料主要包括土壤類型和土壤剖面點圖層。從注記輸出數量來看，共計2618個要素，有注記名稱的要素2067個，實際生成注記615個，生成的注記佔所有要素可生成注記的比例約為30%。注記名稱較少的水系、剖面點在注記生成過程中全部保留，土壤圖層中的土壤代碼作為注記也大部分保留。居民點圖層的名稱由於過密而去除了較多，僅僅保留了鄉鎮級別及其以上的居民點名稱。基於分級碼篩選模組和避讓分析模組的條件，大大減少了上圖注記的數量，尤其減少了居民點的數量，避免了居民點注記在圖面中過於擁擠，減輕注記負荷量，保持圖面的相對較為平衡。從圖面注記輸出效果對比來看，未經過土壤圖注記自動配置系統處理生成的注記層，出現注記壓蓋圖幅邊界等問題，而經過土壤圖注記自動配置系統生成的注記層，避免注記出現壓蓋邊界的現象。基於資料庫驅動技術並以人機交互的方式進行土壤圖注記的自動化配置，實現了批量土壤圖分幅注記的快速生成，不僅具有較強的靈活性，可適用於不同比例尺土壤圖及其它類型地圖的注記表達，而且大大提高了資料生產的效率和自動化處理程度。該研究為今後不同比例尺土壤圖製圖實現注記的自動化配置提供參考。

關鍵字 土壤圖；地圖注記；資料驅動；統計；自動配置；圖層；分級碼；

土壤資訊與管理應用

要素；資料庫驅動技術；

利用無人機監測不同氮肥施用量之水稻生長特性

Using UAV to monitor the growth characteristics of rice with different nitrogen fertilizer application rates

王依蘋¹、申雍^{1*}、楊明德²、姚銘輝³、賴鴻裕¹

¹ 中興大學土壤環境科學系

² 中興大學土木工程學系

³ 農業試驗所農業工程組

*E-mail: yshen@nchu.edu.tw

摘要

本研究使用無人機監測水稻自插秧後至分蘗盛期不同稻株氮營養生長狀態的影像，期望可建立利用高精度的遙測資訊取得水稻生育初期植被覆蓋率的技術，使有利於推廣施肥。透過無人機影像和現地採樣分析作業，監測水稻在一期作五種不同氮肥施用量的水稻生長特性和植體養分濃度特性。研究結果顯示，不施肥田區的株高和分蘗數明顯偏低，而相對應影像的植生指數亦有相似的趨勢，研究初步成果為，目前能用植生參數建模水稻的株高和分蘗數兩個重要參數，後續會持續累積相關植生數據，提高監測之精度和應用性。

前言

利用遙感探測技術進行大面積的水稻氮營養空間分佈狀況監測，及時提供進行氮肥合理化推薦的必要時空分佈資訊，是推動水稻精準農耕作業非常關鍵的技術。Wang et al.,2010 已開發適當的遙測技術可用於水稻的推薦施用，但受限於還無法去除各混像元(mixed pixel)中背景土壤和水體對植被反射光譜的干擾，目前仍欠缺可以監測分蘗始期和分蘗盛期稻株氮營養狀況的遙測技術，以供作為推薦水稻追肥使用。因此本研究結合高機動性、高空間解析度、費用相對便宜的無人機進行監測插秧後至分蘗盛期間不同稻株氮營養生長狀態的遙測技術，預計可建立利用高精度的遙測資訊取得水稻生育初期植被覆蓋率的技術。

材料與方法

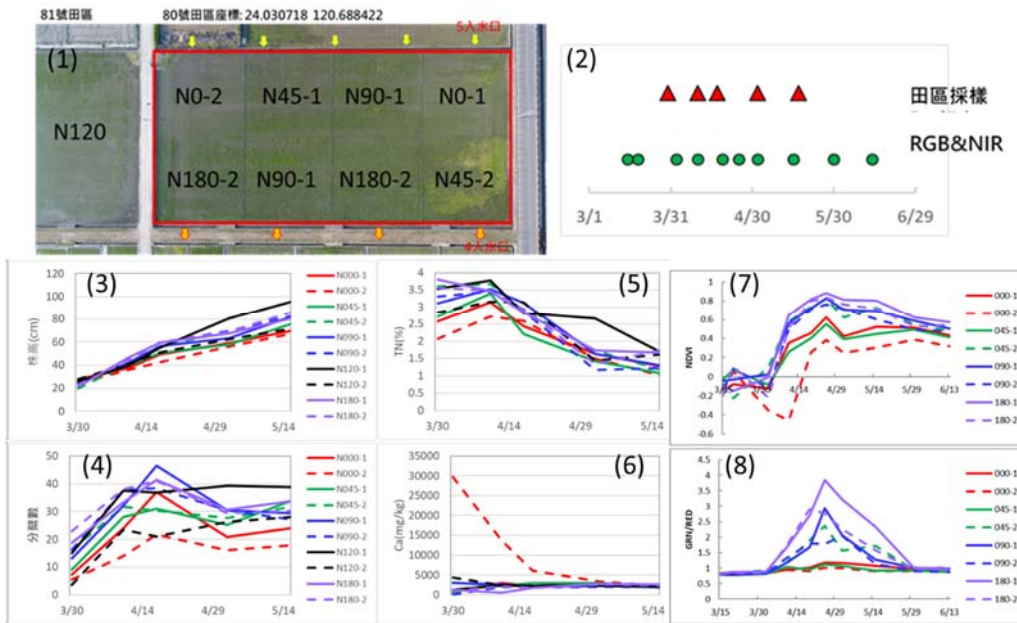
本研究於 2018 年一期作期間(2018/3/1~6/25)，在農業試驗所 80 號田區使用浪板將田區劃分 8 小區，每區為 25m X 25m，進行 0、45、90 和 180 kg/ha 的四種氮肥施用量各二重複之試驗，田區設計如圖 1 所示，此外亦在施用 120kg/ha 推薦用量的 81 號田進行採樣與航拍作業。採樣作業為每小區選取 4 處位置，每處位置量測與取樣 5 叢植株水稻生長性狀(株高、分蘗數、鮮重)與進行植株植體養分(總氮、總磷、鉀、鈣、鎂)分析。航拍作業為使用 Phantom 4 Pro 無人機裝置的 2000 萬像

土壤資訊與管理應用

數相機和 MAPIR Survey2 相機分別收集彩色影像和近紅外光影像，將影像鑲嵌校正為地圖後，產製多元的植生指數進行水稻生長特性匹配分析。

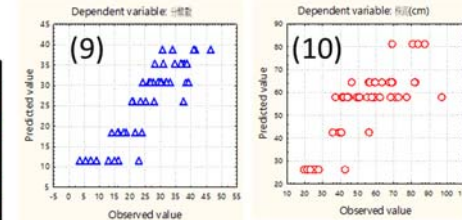
結果與討論

本研究資料航拍與採樣的作業時間如圖 2 所示，共有 5 次植體採樣，和 10 次同步的彩色影像和近紅外光影像收集。圖 3 和圖 4 顯示 0 kg/ha 穗肥施用量的田區，其株高和分蘗數因氮營養不足而明顯偏低，其中 N0-2 田區在各階段皆為較差，圖 5 展示植體總氮的分析結果，其中 N120 的慣行肥料施用受農場所管理，二次追肥施用時間延後 1 周，故趨勢較不一致，而 N0 田區的 N 含量明顯偏低，圖 6 顯示 N0-2 試驗區的鈣含量異常偏高，研究追朔上一期作田區管理，田區栽植波斯菊、田區整地不平整，又該位置為大型機具出入口所致，該區域水稻生長特性明顯偏低。研究整合輸出 10 次影像各肥料區域的 NDVI(圖 7)和 GRN/REN(圖 8)植生參數，N0-2 植生指數亦明顯偏低，而 N180 的植株高度和分蘗數較高，而對應的植生指數也相對較高。研究透過相關分析結果顯示(表 1)，植株高度和分蘗數與植生指數有中度相關，相關係數約為 0.7，研究初步建模結果如圖 9 和圖 10 所示，後續將持續累積其他植生指數與更新迴歸分析建模，預期會提高建模精度和應用性。



表(1) 植株與指數的相關係數

Variable	株高(cm)	分蘗數	SPAD	鮮重	乾重
EVI	0.73	0.74	0.37	0.59	0.63
GRN/RED	0.45	0.57	0.32	0.34	0.45
NDVI	0.74	0.72	0.30	0.57	0.64
NIR/GRN	0.67	0.70	0.34	0.55	0.60
NIR/RED	0.65	0.69	0.35	0.53	0.59
SAVI	0.74	0.72	0.31	0.58	0.64



參考文獻

Wang, Y.P., Chang, K.W., Chen, R.K., Lo, J.C., and Y. Shen. 2010. Large area rice yield forecasting using satellite imageries. International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation 12: 27-35.

湖北省農田地表徑流氮磷流失量特徵及空間分異

范先鵬^{1,2,3}，張富林^{1,2,3}，劉冬碧^{1,2,3}，夏穎^{1,2,3}，吳茂前^{1,2,3}，楊利^{1,2,3}

(1. 湖北省農業科學院植保土肥研究所，武漢 430064；2. 農業部潛江農業環境與耕地保育科學觀測實驗站，潛江 433116；3. 農業部廢棄物肥料化重點實驗室，武漢 430064)

隨著工業廢水、城市生活污水等點源污染的有效控制，農業面源污染已成為湖北省水環境品質惡化的重要原因。但由於缺乏全省農田地表徑流氮磷流失總量、主要流失區域等的系統監測研究，限制了全省農田面源污染的有效防控。本研究在全省主要農區佈設了涵蓋主要種植模式的 25 個農田地表徑流監測點，採用田間原位徑流池法，對全省農田地表徑流氮、磷流失量及空間分異特點進行了連續多年監測研究。結果表明，湖北省農田氮、磷年排放總量分別平均為 5.38 萬 t 和 6164 t。農田氮、磷排放總量在空間上有較大的變異，從市（州）層面看，氮、磷排放主要集中在幾個農業大市，氮排放總量排在前 3 位的分別是荊州（占比 14.95%）、襄陽（11.32%）和黃岡（10.05%），磷排放總量排在前 3 位的分別是荊州（14.50%）、宜昌（10.59%）和襄陽（9.94%）；從流域層面看，農田氮、磷排放主要在長江和漢江流域，沿長江幹流的縣區氮、磷排放總量占全省一半以上（氮占 53.28%、磷占 52.69%），漢江流域的縣區占全省的 1/3 左右（氮占 33.31%、磷占 30.6%），清江流域、三峽庫區（4 個庫區縣）、丹江口水源庫區（8 個縣區）的排放總量相對較低；從生態類型層面看，江漢平原是主要排放區域，該區域農田地表徑流氮和磷排放均占到全省排放總量的 1/3（其中氮排放占全省 33.9%，磷排放占全省 32.8%），鄂西南山地、鄂東沿江平原、鄂北崗地、鄂中丘陵以及鄂西北山地的氮磷排放總量都分別占全省的 10% 左右。湖北省農田地表徑流氮、磷排放強度分別為 $22.25 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $1.87 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。農田氮、磷排放強度在空間上也有較大的變異，從市（州）層面看，武漢市氮、磷排放強度均最高，其氮排放強度為 $36.84 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，是全省平均值的 1.6 倍，磷排放強度 $3.69 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ，是全省平均值的 2 倍，地處江漢平原區的潛江市、天門市、荊州市氮排放強度位居全省第 2 至第 4 位，磷排放強度全省第 2 至第 4 位分別是黃石市、荊州市、咸寧市；從生態類型層面看，農田氮素排放強度表現出與區域地勢高低相關的特點，平原區明顯高於崗地、丘陵、低山丘陵和山地。

關鍵字：湖北省，農田，地表徑流，氮，磷

江漢平原稻-麥輪作農田地表徑流氮磷流失規律研究

張富林^{1,2,3}，吳茂前^{1,2,3}，範先鵬^{1,2,3}，劉冬碧^{1,2,3}，楊利^{1,2,3}，夏穎^{1,2,3}

(1. 湖北省農業科學院植保土肥研究所，武漢 430064；2. 農業部潛江農業環境與耕地保育科學觀測實驗站，潛江 433116；3. 農業部廢棄物肥料化重點實驗室，武漢 430064)

摘要：江漢平原是我國重要的糧、棉、油集約化生產基地，同時因洪澇災害頻發，水土易流失，再加之農業集約化程度高，肥料投入量大，該區域也是農業面源污染比較嚴重的地區。水稻-小麥輪作是江漢平原地區主要的種植模式，研究該種植模式農田地表徑流氮磷流失規律對防控江漢平原地區農業面源污染具有重要的理論指導意義。本研究採用田間原位徑流池法，對江漢平原地區水稻-小麥輪作農田地表徑流氮、磷流失的規律進行了連續 11 年的定位研究。結果表明，江漢平原地區水稻-小麥輪作農田年均徑流量為 334.4 mm，年均產流係數為 31.6%。地表徑流主要發生在 5 月~8 月，該期徑流發生水量占全年徑流總量的 78.8%。徑流發生水量的多少主要取決於徑流產生時段降雨量的大小，二者之間存在著極顯著的正線性相關關係 ($R^2=0.94$)。徑流水中 TN 含量介於 0.57~19.57 mg/L，平均為 3.57 mg/L，TP 介於 0.05~1.36 mg/L，平均為 0.23 mg/L。所有的徑流中有 82.4% 的徑流其 TN 含量超過地表 IV 類水限值 (2.0 mg/L)，但 73.3% 徑流的 TP 含量在地表 IV 類水限值 (0.3 mg/L) 以內。該種植模式 TN 年均流失量介於 7.80~24.63 kg/ha，平均為 13.71 kg/ha，TP 年均流失量介於 0.49~1.43 kg/ha，平均為 0.89 kg/ha。流失的氮素中以可溶態氮為主，占氮素總流失量的 80.2%；在流失的可溶態氮中又以無機態氮為主，占 74.3%。在流失的磷素中，可溶態磷所占份額較低，占流失總量的 37.3%，在流失的可溶態磷中，正磷酸鹽所占份額較大，占 62.6%。

關鍵字：江漢平原，水稻-小麥輪作，地表徑流，氮，磷

臺灣農地土壤剖面品質指標及評估系統之建立

Establishment of indicators and assessment systems of rural soil profile quality in Taiwan

李家興¹、蔡呈奇²、簡士濠³、陳尊賢⁴、賴允傑⁵、李依庭⁵、許正一^{4,*}

¹ 中央研究院永續科學中心、² 宜蘭大學森林暨自然資源學系、³ 屏東科技大學水土保持系、⁴ 臺灣大學農業化學系、⁵ 瑞昶科技股份有限公司

*E-mail: zyhseu@ntu.edu.tw

摘要

本研究選定臺灣農地 58 個代表土系，進行 73 個土壤剖面調查，分析各化育層共 53 項物理、化學、生物性質以建立指標資料庫。結合土壤品質評估架構，以「農業土壤環境生態」及「污染物進入土壤後的移動性-陽離子及陰離子污染物」作為評估目的，建立土壤品質評估系統，續以統計法及判釋法選擇指標以構成最少資料組，據以計算出各土壤剖面在不同評估目的下之土壤品質評估指數，可劃分出台灣農地中土壤品質較差之代表土系。本土壤品質評估結果，在土壤管理策略上的意涵包括：(1) 在土壤管理資源有限的情形下，可據以考量這些土系為優先調查對象；(2) 可優先檢驗這些土系產出之食用作物品質；(3) 可優先評估與改善屬於這些土系之農地或進行防制措施。

關鍵字：土壤品質、指標、評估指數、土壤剖面調查、土壤管理策略。

前言

一般人對土壤品質的概念常以高的生產力為考量，因此，農地土壤的肥力在過去常被視為最重要的土壤品質指標。土壤是重要的自然資源之一，隨著資源永續管理的思考方向，土壤利用應兼顧土壤品質與生產利益。美國土壤科學會 (SSSA) 在 1995 年將土壤品質簡要地定義為：提供土壤功能的能力。評估土壤品質的目的有二，其一為鼓勵土壤管理者、土地利用決策者以多方面的角度來看待土壤資源；其二為提供科學的證據來說明土壤在不同管理方式下受到的影響，並作為土地利用、土壤管理決策之參考。土壤品質評估已有完整的架構 (Karlen et al., 2001)：(1) 訂立評估目的，(2) 定義土壤功能，(3) 選擇土壤指標，(4) 進行標準評分，(5) 決定最小資料組 (MDS)，(6) 以土壤品質評估模式計算出土壤品質評估指數 (SQI)，及(7) 闡釋評估結果並比較趨勢、處理間或不同土壤間的差異。目前大部分現地土壤品質是以固定深度的土壤進行調查評估，然而土壤化育與生成對土壤性質影響很大，因此，本研究之目的為結合農地土壤剖面調查與土壤品質評估架構以發展土壤品質評估系統並建立土壤品質指標。

土壤資訊與管理應用

材料與方法

本研究選定臺灣北中南東 13 縣市農地中 58 個土系 (所屬為 21 個臺灣土壤管理組)，進行總數 73 個土壤剖面之調查。在剖面描述後採集各剖面每一個化育層的樣品，每個樣品進行共 53 項物理、化學、生物性質以建立指標資料庫。依前述土壤品質評估架構，以 2 項評估目的為例：(1) 農業土壤環境生態、(2) 污染物進入土壤後的移動性 (考量陽離子及陰離子污染物)，分別建立土壤品質評估系統。在指標資料庫中，依可反映評估目的之土壤功能選定相關指標，再以主成分分析 (PCA) 統計法或專家判釋法選擇指標，以構成 MDS，並據以計算出各土壤剖面在不同評估目的下之土壤品質評估指數。進一步將不同土系之土壤品質評估指數分為三級後，可劃分出台灣農地中土壤品質較差之代表土系。其中，在「陽離子污染物進入土壤後之移動性」的評估部分，另進行受污染之土壤剖面調查，並以同土系建立之土壤品質指數模式同樣進行土壤品質評估作為驗證。

結果與討論

在土壤品質評估過程中以專家判釋法或 PCA 統計法選擇 MDS 指標時可能出現的差異在於，前者選擇學理上有影響性的指標，有可能在受評估的土壤間數值過於集中而實質上對評估結果沒有影響；相反地，以統計法會將數值分佈集中的指標汰除，容易造成“該指標對評估目的並不重要”之誤解。因此，無論以何種方式進行評估都需要評估者整合理論與經驗謹慎解釋評估之結果。以本研究臺灣 73 個土壤剖面調查分析之結果而言：(1) 以「農業土壤環境生態」為目的，判釋法建立之土壤品質指標包括砂粒含量、粉粒含量、pH 值、陽離子交換容量(CEC)、有機碳 (OC)、DTPA 可萃取 Cu 含量、及 DTPA 可萃取 Zn 含量 7 個指標；(2) 以「污染物進入土壤後的移動性」為評估目的，判釋法建立之土壤品質指標對陽離子污染物為包括黏粒含量、砂粒含量、導水度、pH 值、OC、游離鐵含量，及無定形鐵含量等 8 個指標，陰離子則除去 CEC 共 7 個指標。陽離子、陰離子污染物在指標 pH 值的標準評分函數及 SQI 評估模式中的權重有所不同。將 SQI 計算結果分為高、中、低三級，可劃分出不同評估目的下 5-10 個低土壤品質的土系。在土壤管理策略上的意涵包括：(1) 在土壤管理資源有限的情形下，可據以考量這些低土壤品質土系為優先調查對象；(2) 可優先檢驗這些低品質土系產出之食用作物品質；(3) 可優先評估與改善屬於這些低品質土系之農地或進行防制措施。此外，在 10 個受污染土壤剖面的土壤品質評估驗證結果中，大部分符合“高土壤品質，金屬陽離子不易向下層移動”之預設目標。此外亦發現經翻土稀釋法整治過的土壤，應注意污染物再次進入土壤時，因土壤構造被破壞而更容易向下移動的情形發生。

主要參考文獻

Karlen, D.L., S.S. Andrews, and J.W. Doran. 2001. Soil quality: current concepts and applications. *Adv. Agric.* 74: 1-40.

土壤汙染與整治技術(二)

污染土壤植物修復與安全利用研究

魏樹和^{1,*}, 韓冉^{1,2}, 楊微^{1,2}, 竇薛楷^{1,2}, 徐雷^{1,2}

1 中國科學院瀋陽應用生態研究所污染生態與環境工程重點研究室, 瀋陽, 100016, 中國

2 中國科學院大學, 北京, 100039, 中國

摘要:

利用超富集植物去除土壤中重金屬的同時,採取間作或套種等方式種植低積累作物,這一邊修復邊生產方法既能修復污染土壤還能產生較好的經濟效益,對於超富集植物應用於修復實踐無疑具有重要意義。

以雜草植物為研究物件,發展、完善了超積累植物的評判標準,構建了富集植物的系統篩選方法,首次發現報導龍葵 (*Solanum nigrum* L.)、毬果蔞菜 (*Rorippa globosa* (Turcz.) Thell.) 和三葉鬼針草 (*Bidens pilosa* L.) 3 種植物為 Cd 超積累植物,蒲公英 (*Taraxacum mongolicum* L.)、全葉馬蘭 (*Kalimeris integrifolia* Turcz. ex DC.)、小白酒草 (*Conyza canadensis* L. Cronq.) 和狼把草 (*Bidens tripartite* L.) 4 種植物為 Cd 富集植物,月見草 (*Oenothera biennis* L.) 為 Cd、Cu 排異型植物。以毬果蔞菜為試材,揭示了植物超富集鎘的主要根際機理;以龍葵為試材,揭示了植物超富集鎘的主要生理機制;以三葉鬼針草為試材揭示了植物超富集鎘的膜透性特徵。篩選出沈稻 4 號和沈稻 5 號為鎘低積累水稻品種,遼茄 3 號為鎘低積累茄子品種,遼豆 35 為鎘低積累大豆品種。從低成本和環境友好的肥料、螯合劑、表面活性劑、有機酸中,篩選出強化效果較好的 2 種複合強化修復劑,其相關技術獲授權發明專利。從超富集植物和富集植物中提取出活化效果顯著的植物源活性重金屬活化劑 3 種,並測定出其有效成分。針對 Cd-PAHs 大田菜地複合污染土壤, Cd-多菌靈大棚複合污染土壤,以龍葵為修復植物,低積累大白菜和大蔥為生產作物,構建了“花期收穫”的邊修復邊生產的技術體系並獲得顯著效果。揭示了低積累作物品種間的生理生化差異。

資助專案: 1) 國家“十三五”重點研發計畫重點專項課題 (2016YFD0800802)”;
2) 國家自然科學基金面上專案 (41571300, 31270540, 31070455, 40971184)”。

通訊作者: 魏樹和, email: shuhewei@iae.ac.cn

土壤汙染與整治技術(二)

台灣重金屬(鎘和砷)污染農地改善和管理技術之回顧與展望

Review and Prospect on Remediation and Management Technology for Rural Soils Contaminated with Cadmium and Arsenic in Taiwan

許健輝¹, 黃泰祥², 林毓雯¹, 劉滄琴¹, 郭鴻裕¹, 李達源³
Chien-Hui Syu¹, Tai-Hsiang Huang², Yu-Wen Lin¹, Tsang-Sen Liu², Horng-Yuh Guo¹,
Dar-Yuan Lee³

¹ 農業化學組, 農業試驗所, 台中, 臺灣, chsyu@tari.gov.tw

² 瑞昶科技股份有限公司, 台北, 11083, 臺灣, mitch@apollotech.com.tw

³ 農業化學系, 國立臺灣大學, 台北 10617, 臺灣, dylee@ntu.edu.tw

摘要

國際癌症研究總署將鎘和砷列為第一級致癌物，農地遭受鎘和砷污染將嚴重影響作物的食用安全，各國政府對農地鎘和砷污染的問題均相當重視。我國農地鎘污染來源主要係因非法排放之工業廢水污染灌溉水源，以致農地長期引灌造成土壤及作物鎘污染風險提高。相反的，我國農地砷的累積主要由天然因素所致，包括火山灰母質風化之土壤(關渡平原)及引用地層砷含量高之地下水灌溉(嘉南平原)。從 1980 年代我國發生第一起鎘米事件開始，環保及衛生相關政府單位陸續訂定鎘在土壤中的管制標準(5 mg kg⁻¹)及蔬果植物中的限量標準(0.05 ~ 2 mg kg⁻¹, 依作物種類而異)，並且發展多種土壤鎘污染改善技術，包含酸洗法、翻轉稀釋法、排土客土法、植生復育、氯化鐵清洗法等方法。另外，於鎘潛在危害區域(土壤鎘濃度低於 5 mg kg⁻¹)，目前亦正研究以農藝管理方式降低作物鎘污染風險，包括提高土壤酸鹼度、篩選低鎘吸收作物或品種及水分管理等。相較於鎘，土壤砷污染農地改善技術的發展較晚，主要原因為我國幾乎無人為砷污染場址，加上過去尚未訂定農作物的砷限量標準，故無改善的急迫性。然而，近年來在孟加拉、印度、日本等地陸續發現引用含砷地下水灌溉水稻田，使稻米砷累積

土壤汙染與整治技術(二)

的問題逐漸浮現。國際間也陸續訂定稻米砷的限量標準，例如目前國際食品法典委員會(CODEX)訂定白米和糙米的無機砷限量標準分別為 0.20 和 0.35 mg kg⁻¹。由於我國地質特性屬地下水含砷含量高的風險區，加上稻米為我國重要的糧食作物，故衛福部於 107 年 5 月正式公告稻米砷含量的限量標準(標準與 CODEX 相同)。我國土壤砷主要源自於天然因素而非人為污染，依據目前環保署的規定，此類農地儘管土壤砷濃度高於土壤污染管制標準(60 mg kg⁻¹)，農民仍可繼續種植。因此，在現行法規下，為了降低人體透過食用稻米攝食砷的風險，我國目前正評估不同農藝管理方式對水稻累積砷的影響，包括施肥管理(矽肥、有機質)、品種篩選、水分管理及釋氧劑添加等方法。

關鍵字:農地土壤、鎘、砷、農藝管理、重金屬改善技術

土壤汙染與整治技術(二)

鈍化劑對重金屬污染石灰性土壤鎘鉛鈍化效果

摘要

為研製重金屬污染石灰性土壤的鈍化劑，設置了本實驗。通過盆栽試驗和田間試驗，探究改良劑 A 對鎘和鉛複合污染石灰性土壤修復效果，以期為北方石灰性土壤重金屬污染修復提供理論依據。(1) 盆栽試驗：試驗共計 4 個處理 CK (0 g/kg)、T1 (24 g/kg)、T2 (36 g/kg)、T3 (48 g/kg)，探究對土壤 pH 值、鎘和鉛形態變化及小麥籽粒中鎘和鉛含量的影響。結果表明：施加改良劑 A，通過降低土壤 pH 值，可以顯著的改變土壤中鎘和鉛形態，使土壤中鎘和鉛的離子交換態和碳酸鹽結合態轉化為弱有機結合態、鐵錳氧化結合態、強有機結合態和殘渣態。施用改良劑 A 量為 24~48 g/kg 時，土壤中鎘的離子交換態、碳酸鹽結合態分別降低了 34%~63%、13%~25%，而鉛分別降低了 17%~19%、42%~53%；土壤中鎘的弱有機結合態、鐵錳氧化態、強有機結合態和殘渣態分別升高了 25%~63%、53%~89%、31%~88%、4%~41%，而鉛形態分別提高了 14%~25%、35%~40%、3%~30%、38%~65%。添加改良劑 A 還能顯著降低小麥籽粒中鎘和鉛含量，添加改良劑 24~48 g/kg 時，小麥籽粒中鎘和鉛含量分別降低了 8%~32%、19%~53%。研究表明，石灰性土壤中，添加改良劑能夠促進生物可利用態重金屬向潛在生物利用態和植物難吸收利用態轉化，進而降低植物對重金屬鎘和鉛的吸收，達到改良土壤的目的；(2) 田間試驗：試驗設置 3 個處理，CK (0 kg/hm²)、T1 (中量：19500 kg/hm²)、T2 (高量：29250 kg/hm²)，每個處理 3 次重複，矮抗 58 和洛麥 23 兩個小麥品種，社區面積為 16m×16m，研究改良劑 A 在田間的作用效果。結果表明：施用改良劑 A 能夠降低矮抗 58 籽粒中鉛 23%~45%、鎘 11%~19%，降低洛麥 23 籽粒中鉛 10%~36%、鎘 6%~16%。改良劑 A 能夠降低土壤有效態鉛和鎘含量，其中矮抗 58 土壤降低了 10%~12%、4%~7%，洛麥 23 土壤分別降低了 8%~15%、5%~19%。另外，施用改良劑 A 能夠提高小麥產量，矮抗 58 和洛麥 23 分別提高了 4%~5%、7%~8%。研究表明，改良劑 A 能夠提高小麥產量，降低土壤有效態鉛和鎘含量，降低小麥籽粒鉛和鎘含量。綜上所述，改良劑 A 對鎘和鉛複合污染的石灰性土壤有很好的修復作用。

土壤汙染與整治技術(二)

高錳酸鉀與水鐵礦優化深藍紅藻累積鉛之機制

Mechanisms of lead accumulation in Cyanidiales with modification by potassium permanganate and ferrihydrite

卓宴琳¹、陳冠邦¹、陳品辰²、劉少倫²、劉雨庭^{1*}

¹ 土壤環境科學系，中興大學，台中 402，台灣。

² 生命科學系，東海大學，台中 407，台灣。

E-mail: yliu@nchu.edu.tw

摘要

深藍紅藻(Cyanidiales)具有可存活在酸性與高溫的特質，又因本身具有羧基、羥基與胺基等官能基，故可以吸持重金屬，然而在酸性環境中，重金屬鉛更易容出而造成環境的危害，此外高錳酸鉀可將多酸氧化成羧酸，土壤中富含之水鐵礦亦可累積重金屬，因此研究目標藻種為深藍紅藻[*Galdieria partita* (Gp)]，分別探討原始 Gp 與經高錳酸鉀與水鐵礦改質後的藻類累積鉛之能力與機制。實驗以等溫吸附瞭解其吸附鉛的能力，並搭配傅立葉轉換紅外線光譜分析其累積鉛之機制。於吸附實驗結果說明原始深藍紅藻累積鉛方式可分為多階段式進行，最大累積量可達 102 mg g⁻¹，而經高錳酸鉀改質過後的藻類可達飽和值為 200 mg g⁻¹，藻類與水鐵礦復合後則可達 609.9 mg g⁻¹。其經高錳酸鉀改質後累積鉛之機制為高錳酸鉀因可將藻類多酸斷解成羧酸，因而提升藻類吸持鉛的能力，而改質過程中，錳可將藻類的多醣體進行交聯反應，因而使藻類表面之多醣體不會因酸性環境下而被洗流失，而鉛亦可將錳以交換離子的方式取而代之，而藻類與水鐵礦則是因為官能基更為豐富，而成為一個可更有效提升富集鉛能力之複合材料。

關鍵字：深藍紅藻、鉛、高錳酸鉀、水鐵礦、等溫吸附。

一、前言

深藍紅藻(Cyanidiales)於生物分類學被分為三屬與七種，分別為 *Cyanidium caldarium* (Cc)、*Cyanidioschyzon merolae* (Cm)、*Galdieria sulphuraria* (Gs)、*Galdieria maxima* (Gm)、*Galdieria partita* (Gp)、*Galdieria daedala* (Gd)及 *Galdieria phlegrea* (Gph)，屬於真核單細胞的微藻，其不僅可生存於高溫與酸性的環境之中，亦可生存於含有重金屬環境中。然而在酸性環境中，土壤與礦物上之重金屬將更易被釋出至環境進而造成危害，而深藍紅藻本身富含許多官能基，如羥基(-OH)、胺基(-NH)與羧基(-COOH)等(Abidi et al., 2014)，因此可將陽離子的鉛富集固定在藻類身上，達到移除水中重金屬鉛之效能。於此本研究之目的將使用分離自台灣陽明山地熱谷的深藍紅藻 *Galdieria partita* (Gp)進行改質實驗，改質劑則挑選可能豐富藻類羧基並優化對於鉛吸附量的高錳酸鉀(KMnO₄)，以及使用氯化鐵(FeCl₃)合成土壤常見且有助於富集重金屬的水鐵礦，並與藻類與進行複合，之後進行鉛之等溫吸附實驗，再利用不同的等溫吸附模式觀察不同改質劑中，Gp 對於累積鉛的影響，並深入探

土壤汙染與整治技術(二)

討經改質過的 Gp 與鉛反應前後其官能基的變化。

二、 材料與方法

(一) 深藍紅藻培養

深藍紅藻(Gp)分離自台灣陽明山地熱谷，將其分離後以混營的方式進行培養，以 MA (MA autotrophic medium)外加 1%甘油作為其培養液，並在光照周期 12:12，以 120 rpm 進行震盪搖晃。

(二) 高錳酸鉀與水鐵礦改質

高錳酸鉀(KMnO₄)改質實驗設計則是先將深藍紅藻進行離心(3000 rpm, 15min)，並以去離子水沖洗三次以去除培養液後，再將其與 10 mM KMnO₄ 以固液比 2g L⁻¹ 進行改質 120 分鐘的改質，最後將反映完成之藻類用去離子水與硝酸鈉進行清洗以去除殘餘的高錳酸鉀溶劑。水鐵礦改質實驗設計則是使用相同的方法與步驟去除藻類的培養液，之後加入 0.1 M 氯化鐵，將固液比控制在 80 g L⁻¹，於 pH 7 下反應 2 天，最後將反應完成之藻類用去離子水與硝酸鈉進行清洗以去除殘餘的氯化鐵溶劑。

(三) 吸附鉛之能力與機制

將改質完成的藻類分別在 pH 5.0 以固液比為 0.5 mg L⁻¹ 之環境加入 5 mM 硝酸鉛，於室溫中震盪 6 小時。完成反應後進行離心，上清液經 0.22 μm 濾膜，以感應耦合電漿原子發射光譜儀偵測濾液中鉛的濃度，數據將以等溫吸附模式進行數據的計算與模擬；固體則進行冷凍乾燥(48 h)，於國家同步輻射研究中心(光束線 14A)蒐集 IR 光譜，為藻類與鉛間之變化的官能基作更深度的解析。

三、 結果與討論

由等溫吸附結果得知經由高錳酸鉀改質的藻類之吸附行為與原始藻類不同，前者可產生飽和的吸附值(200 mg g⁻¹)，而後者之吸附行為則是為兩階段，飽和值分別為 25 mg g⁻¹ 及隨著鉛濃度增加而持續上升至 102 mg g⁻¹。而經高錳酸鉀改質則是有可能發生還原作用而產生二氧化錳(MnO₂)，鉛甚至會被吸附在 MnO₂ 當中。而從水鐵礦改質的結果可發現，於 pH 7 下經由氯化鐵合成之水鐵礦改質之最大吸附量可達到 609.9 mg g⁻¹，其機制可能來自水鐵礦豐富了藻類官能基而使藻類累積鉛能力上升。而於 IR 的結果中亦可得到經由改質後的藻類多醣體的訊號(1200-1000 cm⁻¹)隨鉛濃度的上升而有明顯遞減的趨勢，且 C=O(1730 cm⁻¹)訊號有明顯上升，表示經由改質可豐富藻類之羧基，並有效強化其吸持鉛的能力。因此上述結果綜合說明了經改質之溫泉紅藻累積鉛之機制主要可能為離子交換，及由藻類與改質劑複合所形成的二氧化錳及水鐵礦，提升了其與鉛鍵結的能力。

四、 參考文獻

Abidi, N., L. Cabrales. and C.H. Haigler. 2014. Changes in the cell wall and cellulose content of developing cotton fibers investigated by FTIR spectroscopy. Carbohydr Polym. 100:9-16.

土壤汙染與整治技術(二)

高原湖濱濕地挺水植物磷、砷吸收分配特徵

劉雲根

西南林業大學水科學與工程中心

本研究以典型濕地植物-香蒲 (*Typha angustifolia*) 為研究物件，通過室內試驗類比，外源砷添加的方法設置底質中砷脅迫濃度梯度 (CK、50 mg/kg、100 mg/kg、150 mg/kg、200 mg/kg、400 mg/kg、600 mg/kg)，在香蒲的不同生長時期測定底質不同砷濃度下香蒲的生物量、葉綠素、總磷、總砷及底質的物理指標，並對香蒲不同部位磷與砷、底質的物理指標及其相關性進行分析，探究砷污染底質生境香蒲吸收磷的影響。結果表明：(1) 香蒲的生長會受到砷及底質微環境因數的影響，株高、根長、地上部幹重、地下部幹重、側芽數等指標對砷脅迫表現出低促高抑的效應；在砷濃度為 100~150 mg.Kg-1 處理條件下達到峰值。不同濃度砷脅迫下，不同部位對砷的積累與轉移存在差異，其積累能力大小為地下部>地上部，枯葉>新葉；其轉運係數介於 0.01~0.4 之間，表明 As 不易向地上部分轉運；(2) 總體上香蒲體內總磷含量隨生長時期的變化呈現逐漸增加的趨勢，但在凋零期有降低的趨勢，香蒲中磷主要富集在地上部分，在凋零期磷會由地上部分逐漸轉移至地下部分；(3) 總體上看香蒲內的砷主要富集在地下部分，香蒲中砷的積累量隨著砷脅迫濃度的增加有逐漸增加的趨勢；(4) 香蒲體內總磷和總砷的相關性分析表明，在植物的各個生長時期，香蒲總磷、總砷都呈現出顯著相關；(5) 在香蒲的生長週期內，香蒲體內總磷含量與底質 pH 具有顯著正相關、與底質溶解氧、氧化還原電位具有顯著性逐漸減弱的負相關性、與其底質電導率具有逐漸減弱的正相關性，說明底質微環境因數會影響香蒲對磷的吸收。本研究可為利用植物修復技術對類金屬砷污染和水體富營養化的生境治理提供一定的理論基礎，為利用濕地植物對砷污染治理中的施磷肥環節提供理論依

土壤汙染與整治技術(二)

據。

土壤肥力與施肥技術(三)

長期秸稈還田對水稻-小麥輪作制作物品質的影響

劉冬碧^{1,2}，夏賢格^{1,2}，範先鵬^{1,2}，楊利^{1,2}，張富林^{1,2}，夏穎^{1,2}，熊桂雲^{1,2}，吳茂前^{1,2}

(1. 湖北省農業科學院植保土肥研究所，武漢 430064；2. 農業部廢棄物肥料化重點實驗室，武漢 430064)

摘要： 秸稈直接還田作為秸稈利用的一種主要方式，是“肥料-土壤-作物”系統中移出農田的養分再次回到農田的重要途徑。大量研究結果證實，秸稈還田在提高作物產量、促進作物養分吸收、改善土壤理化性狀尤其是維持土壤鉀平衡等方面均有良好的效果，但長期秸稈還田對作物品質影響的報導並不多見。本研究以湖北省江漢平原水稻-小麥輪作制為研究物件，研究長期秸稈還田對水稻和小麥籽粒營養品質的影響。試驗設置化肥(NPK)和化肥+秸稈還田(NPK+M) 2個處理，其中水稻季化肥氮(N)、磷(P₂O₅)、鉀(K₂O)施用量分別為150 kg/ha、90 kg/ha和90 kg/ha，小麥季分別為120 kg/ha、75 kg/ha和60 kg/ha，秸稈還田量均為6000 kg/ha。結果顯示：在長期連續秸稈還田條件下，NPK+M處理總第13季水稻籽粒粗蛋白含量為7.26±0.36%、氨基酸總含量為5.88±0.28%、其中必需氨基酸含量為1.96±0.09%，分別比NPK處理提高了18.9%、20.9%和20.2%；總第19季水稻籽粒粗蛋白含量為8.36±0.33%、氨基酸總含量為6.49±0.15%、其中必需氨基酸含量為1.91±0.05%，分別比NPK處理提高了25.5%、25.6%和23.9%，統計分析顯示均達到極顯著水準。NPK+M處理總第14季小麥籽粒粗蛋白含量為10.85±1.38%、氨基酸總含量為8.75±0.51%、其中必需氨基酸含量為2.48±0.21%，分別比NPK處理提高了9.18%、6.32%和7.48%；總第20季小麥籽粒粗蛋白含量為15.6±1.98%、氨基酸總含量為11.87±1.35%、其中必需氨基酸含量為2.78±0.16%，分別比NPK處理提高了14.8%、8.30%和10.6%，統計分析顯示均未達到顯著水準。結果表明，在湖北省江漢平原水稻-小麥輪作條件下實行長期連續秸稈還田，都在一定程度上改善水稻和小麥籽粒的營養品質，並隨著還田年限的延長呈增加趨勢，但秸稈還田對水稻營養品質的改善作用明顯好於小麥。

關鍵字： 水稻-小麥輪作制，長期秸稈還田，粗蛋白，氨基酸，必需氨基酸

土壤肥力與施肥技術(三)

鈣、鎂、鉀對水稻幼苗鎘毒性與吸收之影響

Effects of calcium, magnesium, and potassium on cadmium toxicity and absorption in rice seedlings

王品傑、莊愷瑋*

國立嘉義大學農藝學系

*E-mail: kwjuang@mail.ncyu.edu.tw

摘要：本試驗探討水稻品種於鎘暴露下的毒性反應以及吸收的差異。試驗選用台梗 9 號和台中私 10 號討論品種差異，以不同鈣鎂鉀背景及不同濃度鎘處理討論陽離子對於水稻幼苗鎘毒性的影響，研究中發現鈣背景提高能顯著減少鎘毒害並減少吸收，鎂背景提高能減少鎘毒害並減少吸收，品種 TK9 的效應比 TCS10 明顯，鎂背景提高能減輕毒害的症狀，然而對於減少鎘吸收並無顯著效益。

前言：植物對於鎘的毒性反應以及吸收累積受到環境中大量陽離子的影響(Yang *et al.*, 2015) 以及不同栽培品種的影響，對於以及本試驗探討不同品種水稻幼苗於鎘暴露下的毒性反應的差異，並討論鈣、鎂、鉀等不同陽離子背景下，減緩鎘的毒性反應的差異以及對鎘吸收反應。

材料與方法：本研究選用水稻品種為台梗 9 號和台中私 10 號，以發芽 7 天的水稻幼苗水耕栽培以的 10% Hoagland 溶液為基礎並調整成不同鈣(0.5、1、5、10 mM)、鎂(0.5、1、2、4 mM)、鉀(1、3、5、10 mM)背景濃度之鎘處理溶液，鎘處理濃度包括：0、5、10、20 和 50 μM Cd，水耕試驗為期 7 天，收穫後測量根伸長量並烘乾後以原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer, AAS)(ice 3000 series, Thermo)測定鎘濃度；以軟體 Visual MONTEQ 計算離子活性；水稻幼苗之根伸長量，套用邏輯斯模式中的(logistic function) sigmoidal curve fitting 之衰退模式，式子如下： $RE = a / [1 + (\{Cd^{2+}\} / EA_{50})^b]$ ，依照模式計算作物生長達 50% 抑制時的鎘活性((toxicity indexes 50% effective activity concentration, EA_{50}))。

結果與討論：兩品種水稻幼苗的根伸長量皆隨鎘處理濃度增加而顯著下降，計算 EA_{50} 來決定各陽離子對於減緩水稻根的鎘毒性的效應，隨著鈣、鎂、鉀背景濃度的提升，提高水稻幼苗的 EA_{50} ，說明鈣、鎂、鉀處理能減少水稻幼苗鎘毒性反應(Fig. 1)，另外以 10 μM 的鎘處理下隨著鈣、鎂、鉀背景濃度的提升，減少了水稻幼苗體內的鎘濃度，說明鈣、鎂、鉀背景濃度的增加能減少水稻幼苗鎘吸收(Fig. 2)；然而品種之間存在著反應的差異，在鈣組合中 TK9 具有比 TCS10 更明顯受到鈣背景調整的影響(Fig. 1a)，然而兩品種體內鎘濃度隨的鈣背景的提高減緩鎘吸收的差

土壤肥力與施肥技術(三)

異不明顯(Fig. 2a)，說明兩品種並非是鈣背景減緩鎘吸收的過程中產生差異，推測可能與 TCS10 較難以忍受高濃度的鈣處理有關；在鎂背景調整下兩品種的 EA₅₀ 的變化有明顯差異，TK9 明顯比 TCS10 更能因鎂背景濃度提高減少鎘毒害(Fig. 1b)，在體內鎘濃度的變化也有相同情形(Fig. 2b)，說明 TK9 與 TCS10 的差異來自於鎂減少了鎘的吸收，可能鎂背景濃度對於 TK9 吸收鎘時產生更強作用減少鎘吸收；在鉀背景調整下兩品種的 EA₅₀ 的變化有明顯差異(Fig. 1c)，然而在體內鎘濃度卻無明顯差異(Fig. 2c)，且比較調整三種陽離子背景濃度可以看見，提高鈣背景濃度水稻體內鎘濃度下降 110 mg kg⁻¹，而鎂的調整水稻體內濃度下降 32 mg kg⁻¹ (TCS10) 以及 54 mg kg⁻¹(TK9)，然而調整鉀背景濃度對於水稻體內鎘濃度僅下降 29 mg kg⁻¹(TCS10)，TK9 甚至沒有明顯變化(Fig. 2)，說明鉀背景濃度調整造成 EA₅₀ 的變化可能與鎘的吸收無關，而可能是與促進生長進而抵銷鎘毒害。

參考文獻

Yang, C.M., Juang K.W., 2015. Alleviation effects of calcium and potassium on cadmium rhizotoxicity and absorption by soybean and wheat roots. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 178, 748-754.

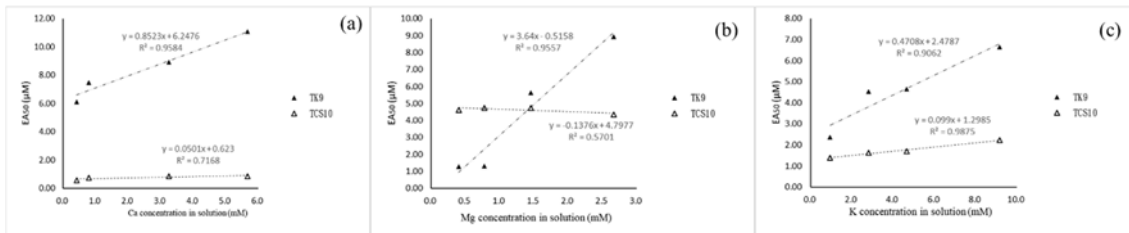


Fig. 1 比較台稉 9 號以及台中秈 10 號在鈣(a)鎂(b)鉀(c)背景濃度下，鎘毒性 50% 活性濃度(toxicity indexes 50% effective activity concentration, EA₅₀)的變化。

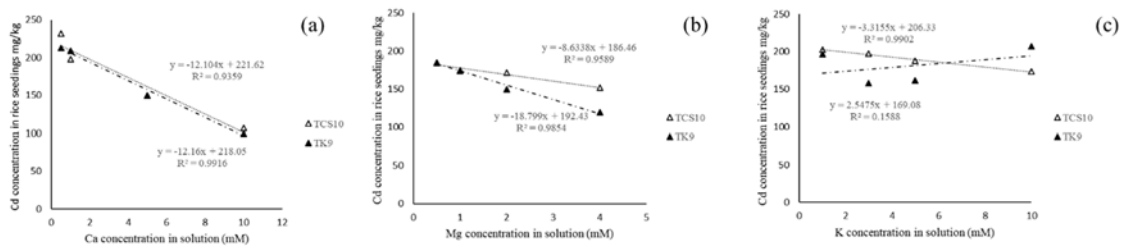


Fig. 2 比較台稉 9 號以及台中秈 10 號在鈣(a)鎂(b)鉀(c)背景濃度下，以 10 µM 的鎘處理，水稻幼苗體內鎘濃度的變化。

土壤肥力與施肥技術(三)

地膜覆蓋結合秸稈隔層對鹽鹼土水鹽運移及作物生長的影響

李玉義 逢煥成

在內蒙古河套灌區通過微區試驗，研究了秸稈深埋(S)、上蓋秸稈下埋秸稈(簡稱上秸下秸，S+S)、上蓋地膜下埋秸稈(簡稱上膜下秸，P+S)和地膜覆蓋(對照，CK)4種耕作措施對0-40cm土層水鹽運移及食葵光合特性的影響。結果表明：(1)不同措施對土壤水鹽調控的效果與作用時期差異較大，P+S在整個生育期內土壤鹽分含量和鹽溶質濃度較低，控鹽效果顯著；S+S僅在苗期能保墒控鹽，但控鹽效果比P+S差，後期出現水減鹽增現象，保墒控鹽效果也不佳；S在整個生育期內土壤鹽分含量和鹽溶質濃度最高，控鹽效果最差；CK在整個生育期內土壤水分含量變化不大，而鹽分含量較高，控鹽效果也不明顯。(2)不同措施對土壤水鹽運移調控程度的差異，導致食葵光合特性也有明顯變化。與CK、S、S+S相比，P+S由於其較低的鹽溶質濃度環境，明顯改善了其光合特性，在苗期、蕾期和花期能提高淨光合速率(Pn)和蒸騰速率(Tr)，增加氣孔導度(Gs)，降低胞間CO₂濃度(Ci)，從而使其作物長勢和幹物質積累明顯高於其它措施。綜合試驗結果，P+S是內蒙古河套灌區鹽鹼地改良中優選的控抑鹽耕作措施。

土壤肥力與施肥技術(三)

基於種養結合的畜禽糞尿農用地承載力現狀分析

武淑霞，劉宏斌，雷秋良，王洪媛，翟麗梅

中國農業科學院農業資源與農業區劃研究所，農業部面源污染控制重點實驗室，

北京，100081

我國畜禽養殖業穩步發展，生豬的存欄量及出欄量均居世界第一位，約占世界總量的一半。肉類和禽蛋產量長期穩居世界第一位。畜禽養殖污染是農業面源污染重要來源之一，畜禽養殖所排放的糞汗的資源化利用需要一定的種植業規模來消納。區域種植業和養殖業的不匹配是造成畜禽養殖污染的主要原因之一。本文基於統計資料和對全國畜禽養殖污染狀況及農田施肥狀況的調查結果，採用氮素平衡的研究方法，分省、市、自治區計算出全國各省主要作物生產所需要的氮肥投入總量，以及在化肥減量使用政策驅使下對畜禽糞汗作為有機肥替代化肥施用的最大承載量，對各省畜禽糞汗的資源化利用和耕地承載力進行評價和預警，得出不同省市畜禽養殖的合理養殖上限，對比現有畜禽養殖狀況，計算出各省畜禽養殖所應調整的數量，為種養結合下的中國各省畜禽養殖結構佈局調整提供依據。

關鍵字：種養結合，畜禽糞汗，農用地，承載力

Rare earth oxides as tracers for studying aggregate turnover: bridging soil physical and biological processes

Xinhua Peng^{1,*}, Qiaohong Zhu¹, Zhongbin, Zhang¹, Paul D. Hallett²,

¹*State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008 (China)*

²*Institute of Biological and Environmental Sciences University of Aberdeen Aberdeen AB24 3UU, UK.*

Abstract

The decomposition of soil organic matter (SOM) generally improve soil aggregation. However, the biophysical process is not well understood due to the difficulty in tracking the aggregate turnover pathway. This study used a combined tracer approach of isotopically labelled carbon (C) and rare earth oxides (REO) to determine soil aggregate transfer paths following input of organic matter. A model quantifying aggregate turnover rates over time was verified by a controlled incubation study. Four natural soil aggregate size ranges (<0.053 mm, 0.053-0.25 mm, 0.25-2 mm and 2-5 mm) were labelled with different REO tracers and packed to form a composite soil sample. The organic input was 1 mg ¹³C g⁻¹ soil of ¹³C-labelled glucose. There were four treatments: i) soil without REO and ¹³C as a control, ii) soil labelled with REO, iii) soil without REO but amended with ¹³C-glucose, and iv) soil labelled with REO and amended with ¹³C-glucose. Aggregate stability, REO concentrations, soil respiration and ¹³C were measured after 0, 7, 14 and 28 days incubation. REOs were found to not impact microbial activity ($P > 0.05$). Based on the 84%-106% recovery of REOs after wet sieving of aggregates, and a close 1:1 relationship between measured aggregates and model predictions, REOs were found to be an effective tracer for studies of aggregate dynamics. A greater portion of aggregates transferred between neighbouring size fractions. The turnover rate was faster for macroaggregates than for microaggregates, and slowed down over the incubation time. The new C was accumulated more but decomposed faster in macroaggregates than in microaggregates. A positive relationship was observed between the ¹³C concentration in aggregates and the aggregate turnover rate ($P < 0.05$). The relative change in each aggregate fraction generally followed an exponential growth over time in the formation direction and an exponential decay in the breakdown direction. We proposed a first order kinetic model for aggregate dynamics which can separate aggregate formation, stabilization and breakdown processes. This study demonstrates that REOs can track aggregate life cycles and provide unique and important information about the relationship between C cycling and aggregate turnover.

Keywords: Aggregate turnover; Modelling, Organic amendment; Rare earth oxide; Soil aggregation

土壤改良與土壤物理

Effects of in-situ applying poultry-litter biochar on soil quality and growth of water spinach

Hung-Yu Lai^{1,2,*}, Shan-Li Wang³, and Mei-Ping Cheng⁴

¹Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University

²Innovation and Development Center of Sustainable Agriculture, National Chung Hsing University (ORCID 0000-0002-9866-0706)

³Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University

⁴Livestock Research Institute, Council of Agriculture

*E-mail: soil.lai@nchu.edu.tw

Abstract

Two pyrolytic temperatures of poultry-litter biochars (PLBs) were applied to the soils of croplands with four consecutive harvests of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) to assess the effects of PLBs on the soil quality and the growth of water spinach. The experiment results showed that the soil pH values of biochar-amended soils were increased in comparison to the initial values. The electrical conductivity values, and the concentrations of extractable inorganic nitrogen, exchangeable potassium, and available phosphorus in the soils drastically increased in the 0.5% and 1% biochar-amended soils. However, most of the significant changes in the soil disappeared after four consecutive harvests of water spinach. The shoot heights and fresh weights of water spinach were enhanced in the soils amended with PLBs, especially the one prepared at 350°C. Nonetheless, the application of poultry-litter biochar at 1% resulted in an imbalance between calcium and magnesium in water spinach.

Keywords: cation, in-situ, poultry-litter biochar, soil quality, water spinach

Funding: This research was funded by the Council of Agriculture of the R.O.C. grant number 105AS-2.4.3-AD-U1, 106AS-2.4.3-AD-U1, and in part by the Ministry of Education, Taiwan, R.O.C. under the Higher Education Sprout Project.

土壤改良與土壤物理

利用生物炭吸附酚酸類化合物改良特定作物連作障礙問題

Applications of engineered biochar for alleviating the obstacles of continuous cropping of specific crops

林佳佳、鄒裕民

國立中興大學土壤環境科學系

E-mail: xlxooxol@gmail.com

摘要

連作障礙指在同一塊土地上連續栽培同一種作物時出現生長發育不良、產量或品質下降之情況，許多農藝、園藝與中藥之生產，如稻米、紫花苜蓿、胡瓜、番茄、草莓、蘋果、桃子、人參等均有連作障礙問題。連作障礙產生之可能原因包括植物-土壤負回饋效應下導致的養分失衡、土壤鹽化、土壤物理性之破壞、植物自毒作用(autotoxicity)、病原或害蟲族群的增加等，其中自毒作用指植物釋出至環境之化學物質(又稱自毒物質)不利於同品種植物種苗之生長發育，自毒物質種類繁多，如萜類、固醇類、酚類、黃酮類、單寧、生物鹼、與酚酸類等都曾被視為特定作物的自毒物質，而其中酚酸類極有可能是植物最主要的毒他與自毒物質。自毒物質已被發現可能影響植物的細胞分裂、水分及離子的吸收、抑制光合作用、干擾暗呼吸及 ATP 的合成、與造成活性氧物種 (reactive oxygen species, ROS)，如含氧自由基與過氧化氫等的累積，引起植物細胞或基因結構的損傷，此外，作物分泌的酚酸類化合物亦可能作為訊息化合物吸引病原菌至根圈而提高作物罹病率。由於活性炭可做為有機物之吸附劑，過去已有將活性炭用於吸附自毒物質之研究，但一般活性炭價格高昂，並不適用於大面積之田間操作，相較於活性炭，生物炭可利用各類農業廢棄物製造，不但低成本且環境友善，亦具有吸附有機分子能力，其尚有提升微生物豐富度與改變微生物群結構之作用，甚至可能抑制病原菌，故本研究擬開發高酚酸吸附效能之生物炭，瞭解其做為改良特定作物連作障礙之可能性。本研究使用木屑、茶葉渣、稻殼等數種農業廢棄物作為燒製生物炭之原料，此三種原料分別具有低(<0.5%)、中(3-5%)、與高(>13%)灰份含量，擬以不同溫度燒製(300°C、500°C、700°C)，藉以製備特性差異較大之生物炭材料，此外，本實驗亦對所製備的生物炭進行化學改質，並進行酚酸之吸附試驗，篩選出吸附能力較強之生物炭。初步試驗結果顯示，低溫(300°C)燒製之生物炭不但無法有效的吸附酚酸反而會釋出酚類化合物，而高溫(700°C)所燒製之生物炭有較佳之酚酸吸附能力，其中又以茶葉渣所製備的生物炭吸附效果最佳。若以化學藥劑進行改質，發現可得到更高之酚酸吸附能力之材料，值得注意的是，不

土壤改良與土壤物理

同生物炭對不同種類酚酸之吸附能力不同，如 700 度燒製之茶葉渣生物炭，對龍膽酸和沒食子酸之吸附能力佳，但對對香豆酸以及香草酸的吸附能力低，而以磷酸改質之木屑生物炭則對上述四種酚酸都有良好之吸附效果。由試驗結果可知，若能事先確認造成連作障礙最主要之酚酸種類再進行生物炭之選擇將能較有效率的達到連作障礙之改善。未來試驗將進一步針對芹菜、草莓、與薑等具連作障礙之作物進行下列測試，包括：植體所含酚酸對病原菌之影響、鑑定植體所分泌之酚酸種類並找出最具影響之酚酸化合物，探討單一或多種化合物所導致之連作障礙問題，同時瞭解添加生物炭後是否能抑制病原菌之發展以及植物自毒作用，最後再以盆栽試驗觀察其對改良連作障礙之效益。

土壤改良與土壤物理

Changes in soil properties under *Eucalyptus* plantations relative to *Pinus massoniana* plantations and natural broadleaved forests in South China

Shuangshuang Chu¹, Douglass F. Jacobs², Joshua L. Sloan², Li Xue¹, Daoming Wu^{1, *},
Shucui Zeng^{1, *}

(1 College of Forestry & Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette, IN 47907-2061, USA)

*Corresponding author. Tel.: +86-20-85285930; fax: +86-20-85280047

Email addresses: dmwu@scau.edu.cn; sczeng@scau.edu.cn

Abstract

The ecological effects of *Eucalypt* plantations (EPs) have garnered increasing attention. To understand the effect of EPs on soil quality at a landscape scale, and investigate whether the soil quality parameters differ due to different stand types, we evaluated soil characteristics in twenty-one groups of EPs, *Pinus massoniana* plantations (PMPs) and natural broadleaved forests (NBFs) across Guangdong Province, China. Both the physical characteristics of soil hydrology and the properties of soil nutrient in A and B horizons were determined. Results showed that compared to NBFs, EPs and PMPs had a shallower litter depth, a reduced canopy density, higher soil bulk density, significantly lower total porosity, non-capillary porosity, total volume water, and hygroscopic water in the A horizon ($P < 0.05$). Moreover, total N, available K, available K and soil organic carbon

土壤改良與土壤物理

(SOC) in EPs and PMPs were significantly lower than that in NBFs. EPs and PMPs didn't differ significantly in N, P or K content, but PMPs had significantly lower SOC and boron in A horizon than EPs. Low pH and poor capacity to buffer acidification generally occurred in EPs, PMPs and NBFs. Both EPs and PMPs showed a decline in soil properties relative to NBFs, but EPs and PMPs exhibited no significant difference. These results indicate that some actions are needed to ameliorate potential negative effects on soil quality in forestry plantations.

Keywords *Eucalyptus* plantations; *Pinus massoniana* plantations; Soil organic matter; Soil acidification; Moisture retention capacity

土壤改良與土壤物理

Phytate induced arsenic uptake and plant growth in arsenic-hyperaccumulator *Pteris vittata*

Xue Liu¹, Lena Q. Ma^{1,2,*}

¹Research Center for Soil Contamination and Remediation, Southwest Forestry University, Kunming, 650224, China

²Soil and Water Science Department, University of Florida, Gainesville, FL 32611, United States

*E-mail: lqma@ufl.edu

Arsenate and P are chemical analogues and taken up by P transporters in plants, with higher affinity for P than AsV. As a result, P is an efficient inhibitor for As uptake by plants. Our results showed that inorganic P suppressed As uptake by PV, which is unfavorable for phytoremediation of As-contaminated soils. In contrary, phytate coupled with As promoted both P and As uptake by PV, indicating a beneficial role of phytate in enhancing As uptake. Phytate accounts for a large pool of unavailable P in soils. It is also the predominant form of P storage in plant seeds and grains. Furthermore, its production as root exudates has been detected in PV, which contributes to its efficient Fe and As solubilization from insoluble Fe-As minerals. However, phytate is a stable compound resistant to biochemical degradation, rendering it unavailable for plant root uptake. The fact that increased P uptake by PV in phytate and/or As treatments implied that PV effectively used phytate as a P source with or without As. Iron uptake was unaffected in PV but decreased in PE possibly due to the formation of poorly soluble Fe-phytate in media, indicating the greater efficiency of PV in Fe utilization in presence of phytate than PE. As such, it was possible that the enhanced As and/or P uptake together with the unsuppressed Fe uptake in presence of phytate induced greater plant growth in PV than PE. The enhanced As accumulation and growth promotion may help efficient phytoremediation of As-contaminated soils. Grown on As-contaminated soils with phytate also has the benefit of no need for P fertilizers during phytoremediation. Information obtained from this study may enhance our understanding of the As hyperaccumulation mechanisms in PV, which may be of importance since the ubiquity of phytate in PV rhizosphere microniche and its potential effects on plant As uptake and plant growth. This may help to develop strategies for more efficient phytoremediation of As-contaminated soils using PV.

Keywords: phytate; phosphorus; arsenic; hyperaccumulation; *Pteris vittata*

土壤基礎研究 (三)

設施栽培西瓜連作障礙土壤退化生態學機理及生態修復

吳洪生※，楊光耀，馬曉玲

南京資訊工程大學農業資源與環境系

※通訊作者，Email: yzwhs@126.com,

摘 要

西瓜是人們夏季必備的避暑水果，由於有很高的比較經濟效益，種植比較普遍，尤其是設施栽培西瓜經濟效益更高，但是設施栽培西瓜普遍發生嚴重的連作障礙現象，已經嚴重影響了西瓜的正常生產和供應。通過採集設施栽培西瓜連作土樣室內分析、模擬栽培，從土壤生態學的角度進行研究，揭示設施栽培西瓜連作障礙的生態學機理。

通過室內平板分離純化鑒定，供分離純化細菌、真菌、放線菌 51 株，其中尖孢镰刀菌 6 株，引起西瓜連作障礙中重要病害枯萎病的病原菌尖孢镰刀菌西瓜轉化型。連作障礙土壤細菌豐度比對照非連作障礙土壤降低 50% 以上，放線菌豐度下降 30% 以上，真菌豐度上升 80% 以上，尖孢镰刀菌西瓜轉化型數量是對照的 180 倍。通過高通量測序，發現連作障礙土壤微生物群落結構發生很大變化，多樣性發生改變。

通過分離的細菌、放線菌、真菌與尖孢镰刀菌西瓜轉化型進行室內進行平板對峙試驗，發現尖孢镰刀菌西瓜轉化型能抑制大多數可分離的細菌和放線菌，對尖孢镰刀菌和其他真菌影響不大。通過提取尖孢镰刀菌西瓜轉化型發酵液獲得的镰刀菌酸添加到三角瓶的營養液中，培養西瓜幼苗一周，發現镰刀菌酸顯著抑制西瓜幼苗生長，並使得西瓜幼苗子葉和下部真葉逐漸萎焉，且濃度越高萎焉越重。

通過分離的拮抗微生物，在實驗室平板對峙試驗，對尖孢镰刀菌西瓜轉化型具有很強的拮抗作用，將拮抗菌和有機肥結合，採用水肥氣熱生耦合調控法，調控連作障礙土壤中的化學、物理和生物生態因數，生態修復連作障礙土壤，通過夏季休閒高溫淹水爛棚，結合我們研發的專利技術和產品，只要 45 天就可以很好的修復連作障礙土壤，恢復土壤生產力和生產功能。

關鍵字：西瓜，連作障礙，土壤退化，微生物生態，拮抗菌，土壤生態修復

土壤基礎研究 (三)

富鈣底質對香蒲磷吸收的影響研究

王妍

(西南林業大學石漠化研究院，雲南昆明，650224)

摘要：磷是濕地中浮游植物生長和提供細胞動能的重要組成部分，是水體富營養化的主要限制性因數，沉積物中的磷是影響湖泊水質的二次污染源，但我國對岩溶富鈣地區濕地植物吸收磷的影響鮮有研究，而濕地植物吸收磷的能力對岩溶富鈣地區的生態修復有著重要意義。本研究通過培養濕地植物香蒲在各鈣濃度梯度的土壤中生長不同時間後得到其對磷的吸收量，在此期間通過對不同時段香蒲中磷含量的測定與鈣濃度梯度相結合從而得出富鈣底質對香蒲磷吸收的影響。同時通過對室內模擬中香蒲生長因數的測定，進行相關性分析，判定富鈣底質下磷吸收量對植物生物量的影響。結論：(1)濕地植物香蒲的葉綠素含量在外源鈣脅迫下呈現出低促進高抑制的關係，而這一關係隨著香蒲培育時間的增加越發明顯。(2)濕地植物香蒲的株高隨著富鈣地質鈣濃度的增高呈現出低促進高抑制的關係，臨界點在鈣濃度為 300mg/kg 至 600mg/kg 間。(3)鈣脅迫在低濃度脅迫時對香蒲生長有著促進作用，隨著鈣濃度的增加使促進作用加強，當到達一定濃度時繼續增加便會抑制香蒲生長甚至死亡；鮮重與幹重無明顯差異；鈣脅迫對香蒲根葉的生長均為低促進高抑制。(4)鈣濃度梯度與香蒲磷的吸收為正相關，且顯著性高；地上部分鈣脅迫承受性要略高於地下部分。(5) 30d 時葉內磷與根內磷為正顯著相關；90d 時葉內磷與根內磷為正極顯著相關；120d 時葉內磷與根內磷為正極顯著相關。本研究為富鈣底質下的濕地水域挺水植物的構建提供理論依據，為進一步研究挺水植物的抗鹽生理打下基礎。研究結果對於今後收集和評價挺水植物耐鈣鹽種質資源具有一定的指導意義，為今後香蒲耐鈣鹽的生理研究和在濕地水體中挺水植物的恢復建植提供了理論參考。

關鍵字：鈣脅迫；濕地；香蒲；生物量；磷

土壤基礎研究 (三)

節水灌溉對稻米產量及溫室氣體排放之影響

Effects of Water Saving Irrigation on Yield and Greenhouse Gas Emission in Paddy Rice Field.

徐仲禹^{1,*}、許宏昌²、黃佳興³、吳文欽⁴

¹ 花蓮區農業改良場作物環境課

² 花蓮區農業改良場作物環境課

³ 花蓮區農業改良場作物改良課

⁴ 花蓮區農業改良場作物改良課

*E-mail: pudding726@hdares.gov.tw

摘要

本研究評估水稻乾濕交替 (Alternate Wetting and Drying, AWD) 灌溉方法，對東部水稻田之適用性，希望在農友易操作的情形下，採用適當的水分管理，既可節省灌溉用水同時不造成減產並可減少溫室氣體排放。試驗結果顯示，AWD 灌溉與淹漫灌溉 (Continuously Flood, CF) 在產量上沒有顯著差異；在用水量方面，相較於 CF，AWD 約節省了 15%~30% 的用水。在米質方面，兩種灌溉方式皆無明顯的差異。在水產力方面，由於兩種灌溉方式在產量上沒有顯著差異，但 AWD 的用水量較 CF 少，而 AWD 有較高的水生力，顯示單位面積用水量較少的情形下，仍可維持稻米的產量。溫室氣體排放方面，本研究利用 DNDC model 估算水稻田在耕作期間（從插秧至收割），不同灌溉方法之甲烷 (CH₄) 氧化亞氮 (N₂O) 排放量，並換算為二氧化碳當量。模擬結果顯示，氧化亞氮在兩種灌溉方法下逐日排放量無顯著差異，而 AWD 較 CF 有較低的甲烷排放量，達顯著差異。

綜合以上結果顯示水份管理與肥料施用會直接影響甲烷與氧化亞氮的排放，而根據水稻不同生長期需水量給予適度控制田間灌水量與合理化施肥將有助於降低甲烷與氧化亞氮的排放。然而，AWD 的使用仍然需考慮地區的降雨情形，才能找出適合區域性的 AWD 實施方式。隨著氣候變遷，降雨分布與頻度的不均勢必影響農業用水的供給，其中又以水稻田的灌溉用水佔最大宗，如何面對未來的用水困境，將是重要的課題。

關鍵字：節水灌溉、產量、水稻、溫室氣體

前言

隨著氣候變遷、降雨分配不均，農業用水日益拮据，若能在水稻栽培方面進行節水的措施，將可讓水資源有更大的利用空間。希望在不影響稻米產量與品質的情形下，發展出節水灌溉的技術。而水管理是水稻田控制溫室氣體排放的重要因子

土壤基礎研究 (三)

之一，改變用水對於降低甲烷排放，同時會影響土壤有機碳的動態以及氧化亞氮的排放 (Li, 2007)。許多水分管理的技術，像是中耕排水、乾濕交替灌溉、間歇性排水、控制灌溉等管理水份的措施，相較於傳統連續湛水的灌溉方式能最大的降低溫室氣體排放 (Hussain *et al.*, 2014)。因此，本研究擬探討節水灌溉對對稻米產量及溫室氣體排放之影響。

材料與方法

本研究利用 DNDC model 估算不同灌溉農法之溫室氣體排放，並以坪割比較稻米產量及品質之差異。

結果與討論

試驗結果顯示，AWD 與 CI 對於台梗 16 號之株高並無顯著差異。產量上，AWD 之每叢穗數較 CI 高，有顯著差異，但坪割產量上無顯著差異，兩種灌溉方式對台梗 16 號的正常粒、白垩質粒、碎粒與被害粒的影響之差異並不顯著，其食味與蛋白質含量亦沒有顯著差異農藝性狀、產量與米質。二期作的試驗結果顯示，兩種灌溉方法間株高上達統計上顯著差異，AWD 株高 (103.18 cm) 高於 CI (99.90 cm)。一期作 AWD 平均用水量為 $412.1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ，平均灌溉次數為 12 次，而 CI 平均用水量為 $618.5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ，平均灌溉次數為 18 次，相較於 CI，AWD 可節省 33% 以上的用水量。AWD 在單位體積的用水量下有較高的產量，意即 AWD 使用較少的灌溉水即可達到與 CI 相近的產量。後續或可研究透過氮肥和水分管理提高有效分蘗數，進而達成增產。二期作 AWD 平均用水量為 $258.4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ，灌溉次數 8 次，而 CI 平均用水量為 $300.9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ，灌溉次數為 10 次，AWD 相較於 CI 可節省 15% 以上之用水量。

在模擬氧化亞氮的通量上，AWD 與 CF 灌分別為 $0.0113 \pm 0.0026 \text{ (kg N ha}^{-1} \text{d}^{-1})$ 與 $0.0130 \pm 0.0027 \text{ (kg N ha}^{-1} \text{d}^{-1})$ ，沒有顯著差異。模擬甲烷的通量上，AWD 與 CF 分別為 $0.73 \pm 0.12 \text{ (kg C ha}^{-1} \text{d}^{-1})$ 與 $2.92 \pm 0.19 \text{ (kg C ha}^{-1} \text{d}^{-1})$ ，具有較顯著的差異，CF 有較高的甲烷通量，這顯示湛水的環境下有助於甲烷的生成，將甲烷排放量轉換成二氧化碳當量的排放量則 CF 則遠高於 AWD。在 AWD 與 CF 的灌溉方法上，在抽穗期（一期作為四月份、二期作為九月份）的甲烷通量皆有較高的情形。

參考文獻

1. Hussain, S., S. Peng, S. Fahad, A. Khaliq, J. Huang, & K. Cui, and L. Nie 2014. Rice management interventions to mitigate greenhouse gas emissions: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22:3342–3360
2. Li, C. 2007. Quantifying greenhouse gas emissions from soils: Scientific basis and modeling approach. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53:344–352. doi: 10.1111/j.1747-0765.2007.00133.x

土壤基礎研究 (三)

Effects of nitrogen compounds addition on micronutrient uptake by grass species in a meadow steppe

Feng Pan^{1,2}, Liu He-yong¹, Feng Xue¹, Cai Jiang-ping¹, Zhang Yu-ge², Jiang Yong^{1*}

¹Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016

²College of Environmental Science, Shenyang University, Shenyang 110044

Abstract: Nitrogen (N) input can result in soil acidification and affect bioavailability of micronutrients in terrestrial ecosystems. However, it remains poorly understood how changes in micronutrient availability in plant-soil system under N addition rates with different N compounds in semi-arid grasslands. A manipulative experiment with 32 treatments and eight replicates, including six N addition rates (0, 2, 5, 10, 20, 50 g N m⁻² yr⁻¹), three N compounds, *i.e.*, NH₄HCO₃ (CN), NH₄NO₃ (NN), and slow-released urea (SRU), and mown or unmown, was conducted in a meadow grassland in Erguna Forest-Steppe Ecotone Research Station of Chinese Academy of Sciences, Inner Mongolia since 2014, to investigate their ecological influences on the soil-plant system. We examined DTPA-extractible iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), and zinc (Zn), and related chemical properties in soil, and foliar micronutrient concentrations in four grass species, *i.e.*, *Leymus chinensis*, *Stipa krylovii*, *Cleistogenes squarrosa*, and *Carex duriuscula*, in 2017. The results showed that soil Fe increased only with increasing addition rates of NN, soil Mn increased with increasing N addition rates in sequence of SRU > NN > CN, while neither soil Cu nor Zn was affected by N addition rates or N compounds. Biomass mown had no significant effects on all the four micronutrients in soil. The uptake of micronutrients was more sensitive for *L. chinensis* and *C. duriuscula* than for *C. squarrosa*, to changes in soil properties induced by N addition. Nitrogen addition rates had significant effects on Fe uptake only by *C. squarrosa*, on Cu uptake only by *L. chinensis*, and on Mn and Zn uptake by all the grass species. Nitrogen compounds had effects on Fe uptake by *C. duriuscula*, on Zn uptake by *C. squarrosa* and *C. duriuscula*, and on Mn uptake by all the grass species. Concentrations of grass foliar Mn significantly increased while Fe decreased with decreasing soil pH, indicating an antagonistic relationship between Fe and Mn uptake. Mown treatment had effects on Fe, Mn, and Zn uptake by most of the grass species, but had no effect on Cu uptake except for *L. chinensis*. Although grass biomass can output micronutrients from the mown plots, the average foliar Mn, Cu, and Zn concentrations were higher with mown than unmown treatments. Our results suggest that soil acidification due to increasing atmospheric N deposition accelerate micronutrient cycling and potentially lead to micronutrient imbalance, as well as a net loss of micronutrients in plant-soil system with the on-going grass-mowing practice in the semi-arid meadow steppe.

Key words: Grassland, Nutrient bioavailability, Plant nutrition, Soil acidification

土壤基礎研究 (三)

溫室栽培中土壤溫度對氮肥利用率與作物產量的影響

Effects of Soil Temperature on Nitrogen Use Efficiency and Vegetable Yield in Greenhouse Cultivation

薛鶴、閔秋豔、段增強*

中國科學院南京土壤研究所

*E-mail: zqduan@issas.ac.cn

摘要：我國溫室栽培主要依靠積蓄太陽能來提高棚內溫度。寒冷冬季的晴天，大棚內氣溫隨太陽光照射能迅速達到作物適宜溫度，而土壤溫度升高相對緩慢和滯後，往往成為制約作物生長和氮肥利用率提高的重要因素。我們採用土壤盆栽試驗，從設施土壤環境角度分析了冬季溫室栽培中土壤溫度和氮肥用量對氮肥利用率和蔬菜產量的影響。盆栽試驗設置土壤加溫（20°C）和對照不加溫兩個溫度水準，氮肥處理設 N0、N1、N2 和 N3 共 4 個水準（用量分別為每 1kg 土含純氮 0、96、128、160mg）。結果表明：在相同氮水準下，加溫處理的黃瓜單株產量顯著高於不加溫處理，在 N0~N3 水準下，加溫處理比不加溫處理分別增產 78.99%、120.48%、126.77% 和 105.56%。不加溫時，隨著氮肥用量增加，黃瓜單株產量無顯著差異；加溫時，N1、N2 和 N3 黃瓜單株產量較 N0 分別提高了 35.22%、39.62% 和 23.58%。加溫處理的氮肥表觀利用率和氮肥農學利用率顯著高於不加溫處理，加溫時 N1 和 N2 處理黃瓜氮肥表觀利用率顯著提高 36 和 13 個百分點。

關鍵字：土壤溫度、氮肥利用率、蔬菜產量、溫室栽培

土壤基礎研究 (三)

黃淮海北部缺水區農田犁底層現狀及其特徵

逢煥成 李玉義 翟振

摘要：在黃淮海北部缺水地區典型縣域，採用布點取樣方法，根據土壤質地分佈圖結合第二次土壤普查點位選取山東陵縣、河北吳橋縣共 108 個點位，於 2014 年冬小麥拔節期進行剖面取樣調查，測定 0—45 cm 不同層次土壤水分含量、土壤容重及穿透阻力。結果如下：(1) 黃淮海北部地方耕層平均厚度在 14.74 cm，約有 76% 的被調研點存在明顯的犁底層，犁底層主要分佈在 15—30 cm；(2) 黃淮海北部區農田剖面各層次土壤容重及穿透阻力存在顯著差異，犁底層容重最大，平均容重在 $1.54 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 左右，顯著大於耕層和心土層，在冬小麥拔節期犁底層穿透阻力為 1371.00—4256.00 kPa，顯著大於耕層及心土層穿透阻力；(3) 冬小麥整個生育期犁底層穿透阻力均大於 2000 kPa，阻礙了小麥根系的深紮，造成小麥根系分佈淺層化，這在冬小麥生長缺水的地區，易造成作物水分脅迫，同時不利於根系吸收深層養分；(4) 土壤穿透阻力土壤與含水量及容重之間有著極顯著相關關係，土壤穿透阻力有隨著容重的增加而增加的趨勢，二者之間回歸方程為： $y=3854.09x+3891.99$ (y 為穿透阻力， x 為土壤容重， $r=0.84$)；當容重低於 $1.4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 時，土壤穿透阻力均低於 2000 kPa，穿透阻力不會對作物根系生長產生障礙，而當土壤容重在 $1.4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 以上時，穿透阻力對作物的影響同時取決於土壤含水量，穿透阻力隨著土壤水分的增加而降低，對應線性回歸方程為： $y=-75.93x+3153.83$ (y 為穿透阻力， x 為土壤品質含水量， $r=0.82$)。總之，在現行以旋耕為主的傳統耕作模式下，黃淮海北部地方農田犁底層是普遍存在的，不利於作物根系生長及作物對土壤養分的充分利用，需要適度打破犁底層，構建合理耕層結構

土壤基礎研究 (三)

江漢平原水稻季灌排單元溝渠中氮磷變化特徵及其環境風險

翟麗梅

摘要：水稻是主要的糧食作物，在世界上的低窪地區為了水管理方便會以灌排單元的形式存在，其中，溝渠是灌排單元的主要組成部分。本研究以江漢平原腹地典型灌排單元內自然溝渠為研究物件，通過對水稻整個生長季自然溝渠水深、水質的連續原位監測，研究灌排單元內自然溝渠水深、氮磷濃度的動態變化及導致這一變化的主要影響因數。結果表明，整個水稻生長季，溝渠水深維持在 30~70 cm 之間，灌溉事件增加的溝渠內水深高於降雨事件；水稻生長季，受水稻追肥的影響，溝渠水總氮 (TN) 濃度分別於 6 月 18 日和 7 月 30 日出現兩個不同程度的峰值，且生育前期氨氮 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 濃度高於硝氮 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$)，施肥是影響溝渠水中氮濃度的主要因數；整個水稻生長季溝渠水總磷 (TP) 濃度波動較大，主要受顆粒態磷 (PP) 濃度變化影響，外界擾動 (如降雨、灌溉事件) 是影響溝渠水 TP 濃度變化的主要因數。水稻生長後期即收穫期，溝渠水中 TN 和 TP 濃度分別為 $0.22 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $0.06 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，水質均達地表水水質 II 類標準。灌排單元內，攔截溝渠與周邊河道的路基高約 2~2.5 m，無特大暴雨情況下，溝渠水很少漫過路基通過溢流向周邊水體排水。水稻移栽直至第一次追肥後的 3d 應控制溝渠水的外排。自然溝渠對降雨、灌溉和農田徑流帶入的氮磷起到一定程度的淨化作用，通過在灌排單元出水口人為控制稻季溝渠水外排，直至水稻收穫期，將使溝渠水水質達 II 類標準，降低了灌排單元溝渠排水給周邊水體帶來的環境風險。

土壤肥力與施肥技術(四)

施氮時期對花生產量及氮素吸收利用的影響

摘 要

花生是我國主要的經濟作物和油料作物之一，其種植面積和總產均居我國油料作物的首位。在氮、磷、鉀三大必需營養元素中，花生吸氮最多，氮對花生生長發育及產量和品質的形成具有重要作用。花生屬固氮作物，實現高產，僅靠根瘤固氮是不夠的，提高花生產量，仍需施用氮肥。但是，近年來，花生過量施用氮肥不僅抑制了根瘤固氮，而且由於氮肥利用率較低，氮肥通過揮發、淋溶和徑流等途徑損失數量巨大。在目前既要高產又要農業環境安全條件下，關於氮肥運籌方式對夏花生產量和氮素利用效率影響的研究還鮮見報道，為此，本文以提高花生氮肥利用率、控制氮肥用量、減少農業環境中的氮肥污染為目的，研究了不同施氮時期對夏花生氮素吸收積累與氮肥利用率的影響，研究設置了不同氮肥施用時期的6個處理：T1，對照（不施氮）；T2，基肥 120 kg/hm²，T3，基肥 60 kg/hm²、苗期追施 60 kg/hm²；T4,基肥 60 kg/hm²、花針期追施 60 kg/hm²；T5，基肥 40 kg/hm²、苗期追施 40 kg/hm²、花針期追施 40 kg/hm²；T6，苗期追施 60 kg/hm²、花針期追施 60 kg/hm²。研究了施氮時期對夏花生產量、植株地上部氮素積累運轉及氮肥利用率的影響。結果表明，不同時期累計施氮 N120 kg/hm²顯著增加了莢果產量，其中以基施 N40 kg/hm²+苗期和花針期分別追 N40 kg/hm²處理最高，但與基施 N60 kg/hm²+花針期追 N60kg/hm²、基施 N60 kg/hm²+苗期追 N60kg/hm²處理差異不顯著。與不施氮相比，施氮提高了植株地上部氮素積累量和子粒氮素積累量。植株地上部吸收氮素主要集中在開花下針至莢果膨大階段，以基施 N40 kg/hm²+苗期和花針期分別追 N40 kg/hm²處理吸收氮最多，氮肥利用率最高，與其它4個施氮處理相比，氮肥利用率分別增加了 19.41、8.83、10.66 和 13.25 個百分點。

土壤肥力與施肥技術(四)

聚磷酸銨液體肥在設施蔬菜上的應用研究

Effects of Soluble Ammonium Polyphosphate Fertilizer on Yield, Quality and Phosphorous Uptake of Tomato in a Plastic Greenhouse

史建碩、張彥才、王麗英*、李若楠、任燕利、翟鳳芝、孫璿

河北省農林科學院農業資源環境研究所

河北省肥料工程技術研究中心

*E-mail: wangliying5@163.com

摘要 為探究聚磷酸銨水溶肥對番茄的農學效應，採用田間社區試驗方法，研究了聚磷酸銨液體水溶肥對秋冬茬設施番茄產量、品質、磷素吸收與利用的影響。結果表明，當有機肥施磷量 (P_2O_5) $66\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、化肥磷量 (P_2O_5) 為 $29\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 時，番茄單果重和產量均達到最高；番茄品質的各個指標均表現出隨施磷量的增加先增加後降低的趨勢，得到適宜施磷量為 $29\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。不同施磷量處理之間番茄根的磷吸收量差異不顯著；番茄葉、果實和全株的磷吸收量隨施磷量的增加先增加後降低，呈二次多項式關係，經擬合，番茄果實和全株磷吸收量最高時對應的施磷量分別為 $21.17\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $25.79\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。綜合分析，該試驗條件下設施秋冬季設施番茄產量為 $42.88\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 時，聚磷酸銨水溶肥的適宜施磷量是 $29\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

關鍵字：聚磷酸銨、水溶肥、設施番茄、產量和品質、磷素吸收；

作 者：史建碩，sjzjianshuo@126.com

通訊作者：王麗英，wangliying5@163.com

土壤肥力與施肥技術(四)

吉林春玉米的施肥效果、養分需求與肥料利用效率

高 強

(吉林農業大學資源與環境學院/吉林省商品糧基地土壤資源可持續利用重點實驗室, 吉林長春 130118)

摘要：【目的】明確當前生產條件下吉林省玉米氮、磷、鉀的施肥效果、養分需求和肥料利用效率，為區域春玉米的高效合理施肥提供技術參數。【方法】整理 2005~2013 年國家測土配方施肥專案在吉林省開展的 1110 個“3414”田間試驗，選取處理 1 (N₀P₀K₀)、處理 2 (N₀P₂K₂)、處理 4 (N₂P₀K₂)、處理 6 (N₂P₂K₂) 和處理 8 (N₂P₂K₀)。研究不同施肥處理下春玉米籽粒產量、植株養分吸收量，比較增施氮、磷、鉀肥的增產效應以及不同肥料的農學效率、偏生產力、肥料貢獻率、養分回收利用率和生理利用率，明確氮、磷、鉀養分的需求量。【結果】不施肥條件下，當前吉林省玉米的平均產量為 6.6 t/hm²。施肥顯著提高玉米的產量和養分吸收量，其中以 NPK 處理最高，產量平均為 10.1 t/hm²，氮、磷、鉀養分平均吸收量分別為 N 190.8 kg/hm²、P₂O₅ 87.0 kg/hm² 和 K₂O 215.1 kg/hm²。在其他養分施用基礎上，增施氮、磷、鉀肥可平均分別增產 2.36 t/hm² (35.1%)、1.39 t/hm² (18.0%) 和 1.18 t/hm² (14.9%)，增加養分吸收 N 57.2 kg/hm² (42.9%)、P₂O₅ 19.2 kg/hm² (28.4%) 和 K₂O 32.1 kg/hm² (17.5%)。當前生產條件下，吉林省玉米在氮磷鉀配施條件下的肥料農學效率、偏生產力和肥料貢獻率分別為 11.4 kg/kg N、32.8 kg/kg 和 34.7%。在其他養分施用基礎上，單施氮、磷、鉀肥的平均農學效率分別為 14.3 kg/kg N、20.5 kg/kg P₂O₅ 和 17.2 kg/kg K₂O，平均偏生產力分別為 61.1、146.4 和 142.4 kg/kg，平均肥料貢獻率分別為 23.4%、14.1%和 11.9%，平均養分回收利用效率分別為 33.7%、27.5% 和 45.3%，平均生理利用效率分別為 28.8、52.8 和 28.3 kg/kg。目前，吉林春玉米氮磷鉀配施處理的百公斤籽粒氮、磷、鉀養分需求量平均分別為 N 1.98 kg、P₂O₅ 0.90 kg 和 K₂O 2.24 kg，比例為 1:0.45:1.13。減氮、減磷和減鉀處理的百公斤籽粒氮、磷、鉀素需求量平均分別為 N 1.69 kg、P₂O₅ 0.79 kg 和 K₂O 2.11 kg，與氮磷鉀配施處理相比均顯著下降，而且試驗點間變異也明顯增大。以缺素處理植株養分吸收量表徵土壤養分基礎供應能力，發現氮磷鉀配施處理玉米產量和養分吸收量均隨土壤基礎養分供應能力的提高而逐漸上升，變化趨勢均符合顯著對數關係。同時發現，氮磷鉀肥配施（或某一肥料）的肥料貢獻率隨不施肥處理（或相應缺素處理）玉米產量的提高而顯著下降，且關係符合對數函數模型，說明提高基礎地力可減少對外源肥料的依賴。【結論】

吉林省玉米氮磷鉀肥的增產效果和肥料利用率在國內處於較高水準，但玉米產量對肥料養分的依存度很高，需重視氮肥管理以穩產增效，繼續大力推廣平衡適量施肥及相應技術，實現作物增產的同時提高肥料效率並促進土壤培肥。

關鍵字：吉林省；春玉米；施肥；產量；養分需求；肥料利用率

土壤肥力與施肥技術(四)

Physiological and Molecular Responses of *Arabidopsis thaliana* Exposed to Technology-critical elements Gallium

Hsin-Fang Chang¹, Shan-Li Wang¹ and Kuo-Chen Yeh²

¹Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan

²Agricultural Biotechnology Research Center, Academia Sinica, Taipei 11529, Taiwan

Abstract

Wide application of gallium (Ga) in semiconductor devices has inevitably resulted in its discharge into the environment. To lower the environmental risk associated with Ga contamination of soils, it is of great important to understand the uptake processes of Ga by plants. In this study, the physiological and molecular response of the model plant *Arabidopsis thaliana* toward Ga uptake and accumulation in plants were investigated. The primary symptom of Ga toxicity is inhibition of root growth. The increased production of malondialdehyde (MDA) suggests that Ga stress could cause oxidative damage in plants. Roots were the main Ga accumulating sites and distinctive Ga-containing granules were observed to be deposited within the intercellular space in roots. The granules were determined to be Ga(OH)₃ precipitates, which limited the translocation of Ga in *A. thaliana*. Ga stress induces root secretion of organic acids such as citrate and malate. The expression of the transporters *AtALMT* and *AtMATE*, responsible for citrate and malate secretion, respectively, were elevated under Ga stress, so the secretion may play a key role in the resistance of Ga toxicity. Accordingly, the supply of exogenous citrate was found to significantly enhanced Ga tolerance of the plant. The overall response to Ga exposure in *A. thaliana* is highly similar to that with aluminum stress.

Keywords: Gallium; *Arabidopsis thaliana*; Stress responses; X-ray absorption spectroscopy; Root exudates.

Introduction

Gallium is one of the major elements used in semiconductor materials. As one of the major producers of semiconductors in the world, large amounts of Ga were used in the Hsinchu and Taichung Science Parks in Taiwan. Consequently, elevated levels of Ga have been detected in the soils and groundwaters collected near the Science Parks. The contamination of gallium in soil and water may lead to its uptake by plants and accumulation of Ga in the food chain. To our best knowledge, the harmful effects of Ga in plants are not yet investigated. Therefore, the purpose of this study was to investigate the uptake and accumulation of Ga by the model plant, *A. thaliana*.

土壤肥力與施肥技術(四)

Materials and Methods

Seeds of *A. thaliana* wild type (variety Columbia) were germinated in Petri dishes, containing 1/2 MS medium. Seven days after germination, ten seedlings per dish were transferred in the same medium containing 6 to 750 μM $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3$, maintained in vertical position. Representative parameters such as biomass, root length, lipid peroxidation and elemental contents were measured for the toxicity response in *Arabidopsis thaliana*.

Results and Discussion

In this study, both the physiological and molecular basis of Ga exposure in the model plant *Arabidopsis thaliana* were observed. Seedlings exposure to 6-150 μM Ga had no effect on plant biomass and only slight reduction (15%) on root elongation. However, at 250 and 500 μM of Ga the fresh weight and the root length was significantly reduced by nearly 30% and 60%, respectively. MDA production, a measure of lipid peroxidation, was unaffected under 6-500 μM Ga exposure but increased by 2.5-fold at 750 μM suggesting that Ga stress has potential to cause oxidative damage in plants. No significant accumulation of Ga was detected in plants grown below 150 μM Ga. In addition, the Ga concentration in the root (1000 mg kg^{-1} DW) was higher than in the shoot (200 mg kg^{-1} DW) under 500 μM Ga, indicating that the immobilization or limited translocation of Ga in the plant. Roots were the main Ga accumulating sites, which indicates immobilization or limited translocation of Ga in *Arabidopsis*. The distinctive Ga granules were deposited within the intercellular space. The granules indicate $\text{Ga}(\text{OH})_3$ participation by XAS techniques (BL 17C, NSRRC, Taiwan), which suggests that the intercellular space is a possible sink for Ga. Ga stress induces root secretion of organic acids such as citrate and malate. The expression of the transporters *AtALMT* and *AtMATE*, responsible for citrate and malate secretion, respectively, were elevated under Ga stress, so the secretion may play roles in the resistance. Indeed, supplying exogenous citrate significantly enhanced Ga tolerance. The overall response to Ga exposure in *Arabidopsis* is highly similar to that with aluminum stress.

葉面噴施矽、硒聯合水分管理對水稻鎘吸收轉運特徵的影響

Effect of silica and selenite foliar sprays on the uptake and transport of cadmium by rice under water management

高敏^{1,2}、周靜^{1,2,3,*}

¹ 中國科學院南京土壤研究所，南京 210008；

² 中國科學院大學，北京 100049；

³ 江西省重金屬污染生態修復工程技術研究中心，南昌 330096

農用地土壤鎘污染是我國當前面臨的主要環境問題之一。水稻是重要的糧食作物，同時也是富集環境中鎘能力強的大宗穀物。土壤鎘污染會造成稻米鎘超標，食用鎘超標大米會威脅人體健康。因此，如何控制稻米鎘超標是土壤環境科技人員研究熱點之一。近年來，通過水稻葉面噴施製劑阻控稻米鎘超標方面的研究受到廣泛關注。其中，矽、硒這兩種元素是目前關注較多且效果較好的適合葉面噴施製劑。此外，在水稻孕穗後期進行淹水管理也是緩解稻米鎘超標的另外一種有效措施。然而，目前對於葉面阻控聯合稻田水分管理對稻米鎘阻控效果的研究不多。為研究水稻葉面噴施矽、硒溶液並聯合稻田水分管理對中輕度鎘超標農田水稻鎘吸收、轉運的影響，本研究在江西省貴溪市某中輕度土壤鎘超標農田水稻設置矽、硒、去離子水等4個噴施處理和水稻孕穗後期稻田常規水分管理和持續淹水2種水分管理交互的裂區試驗，3次重複。即稻田常規水分管理下設置4個處理：噴施去離子水(W1CK)、矽溶膠(W1Si)、亞硒酸鈉溶液(W1Se)、矽硒等體積混合液(W1SS)；水稻孕穗後期持續淹水下對應設置4處理：葉面噴施去離子水(W2CK)、矽溶膠(W2Si)、亞硒酸鈉溶液(W2Se)、矽硒等體積混合液(W2SS)。結果表明，常規水分管理下，與對照W1CK相比，噴施W1Si和W1Se處理分別顯著降低水稻糙米鎘含量71.7%和61.9% ($P<0.01$)，同時鎘從水稻根到莖的轉運係數分別降低27.4%和34.5% ($P<0.05$)，從莖到葉的轉運係數卻分別增加46.5%和55.3% ($P<0.01$)。孕穗後期持續淹水條件下，W2CK處理與W1CK處理相比糙米鎘含量顯著降低57.5% ($P<0.05$)，而W2Si、W2Se、W2SS與W2CK相比，糙米中鎘的含量沒有顯著差異 ($P>0.05$)。葉面噴施矽或硒溶液、孕穗後期稻田持續淹水，均可以有效阻止鎘在水稻體內向籽粒轉運，顯著降低水稻糙米對鎘的積累。而葉面噴施矽或硒聯合稻田孕穗後期淹水管理雖然同樣能夠顯著降低降低糙米鎘含量 ($P<0.05$)，但這兩種措施的聯合應用對水稻糙米降鎘效果未見協同效應。

關鍵字：葉面噴施；矽、硒；水稻；鎘；水分管理

*E-mail: zhoujing@issas.ac.cn

土壤肥力與施肥技術(四)

水庫淤泥再利用於水泥噴凝植生敷蓋技術中養份釋出之評估

Evaluation of nutrient releases from the shotcrete vegetation mulching technique with reuses of reservoir sediments

李家興¹、黃佳貞²、李達源^{2,*}

¹ 中央研究院永續科學中心、² 臺灣大學農業化學系

*E-mail: dylee@ntu.edu.tw

摘要

水泥噴凝植生敷蓋技術 (shotcrete vegetation mulching technique; SVMT) 為調配水泥與其他添加劑，使植生基質表面強度提高、抗沖蝕但仍適合植物生長。本試驗為跨領域之研究，目的為透過連續萃取的方式評估 SVMT 產生之基質中養分釋放潛勢。在植生考量上，各處理可提供的主要養分總量雖有高低差異，但短期內供作物吸收皆已充足。在環境考量上，關注的主要為氮、磷與可溶性有機碳。添加水泥配合 SVMT 專用綠化添加劑對氮與可溶性有機碳 (DOC) 的釋出影響不大，但可降低磷的釋放。添加水泥配合硫酸亞鐵與蛭石調製的處理則可降低磷與 DOC 的釋放，且比綠化添加劑的效果更好；但需考量對氮釋放的增加。未來 SVMT 之現地操作應同時進行各元素釋放量之相關研究並加以控制。

關鍵字：水泥噴凝植生敷蓋、氮、磷、可溶性有機碳、釋放。

前言

SVMT 為一可應用於陡峭邊坡、噴凝土擋牆等工址之植生技術，此一技術於植生基材中以特定之比例將土壤、水泥、保水劑、長效肥、土壤中和劑及適當草種等予以混合，使其可於上述困難工址上重新營造一適合植物生長之環境 (Chen et al., 2013; Fan et al., 2013)，主要技術為使用水泥固結植物生長的基質增加表面強度以抗沖蝕，但需與作物生長的適宜性達到平衡。台灣水庫已有 12 座水庫淤積超過設計容量的 40%，清淤後底泥之在利用亦為重要議題，且其在 SVMT 之應用正被提出與研究。目前主要以植生基材之物理性質與植生成效作為考量，尚未就養分狀況與環境觀點為評估考量。然而，由於 SVMT 是在生態系中操作，以水庫淤泥再利用於 SVMT 中更可能就近應用於集水區域邊坡、噴凝土擋牆...等等，因此，評估 SVMT 對環境之影響是相當重要的。本研究的目的是對透過 SVMT 產生之植生基材，以連續萃取法評估其養分釋出潛勢，並討論其對環境之影響。

材料與方法

水庫淤泥取自臺灣北部，為中性、低有機質、低鹽基與游離鐵鋁含量低之坩質

土壤肥力與施肥技術(四)

壤土。經 SVMT 之考量試拌，得到水庫淤泥較佳的調整配比，與淤泥之乾重比為蔗渣堆肥 80%、蛭石 5%、水泥 10% 與硫酸亞鐵 10%，作為 Adjusted 處理。另以淤泥、堆肥、水泥與商品化的 SVMT 專用綠化添加劑（含中和劑、保水劑與長效肥；以淤泥乾重之 6% 添加）作為 Greening Additive (GA) 處理。對照組 (Control) 則為淤泥、堆肥與蛭石之混合基質。三重覆之各基質分別加水混勻放置 14 天凝結，生成導水度極低之基質。取 50 g 基質加入 100 mL 蒸餾水，振盪 16 h 後過濾，收集濾液。基質於 25°C 孵育至下次萃取，循環萃取 40 次。測定萃出液 pH 值，以 ICP-AES 測定磷、鉀、鈣、鎂之濃度，以總有機碳分析儀測定有機碳之濃度，以凱氏氮蒸餾裝置測定無機態氮，另經凱氏分解法後以蒸餾裝置測定總氮之濃度。

結果與討論

兩種 SVMT 處理因為加了水泥，使萃取液的 pH 高於對照組，但與 Control 差異小於 0.5 單位。硫酸亞鐵與綠化添加劑對 pH 的中和效果相似。GA 處理下總氮與無機氮的總釋出與對照組差異不顯著；Adjusted 處理下，總 N 與無機 N 的總釋放量高出 50-60%，雖可提供較多氮供植物吸收利用，但需注意淋洗的風險。水泥中含大量鈣，故 SVMT 處理下鈣的總釋放量高於對照組 4.3-6.1 倍，其中以 Adjusted 處理最高，可提供更多鈣供植物利用，鈣雖會使水硬度增加，但環境上較不關注鈣元素。雖然 Adjusted 處理下一開始釋放鎂的速度較快，但兩種 SVMT 處理皆降低鎂的總釋放量，其中以 GA 處理下最低。兩種 SVMT 處理對鉀的總釋放量雖有增加但影響不大（約增加 10%）。GA 處理對 DOC 的總釋放量影響不大，Adjusted 處理則可降低 DOC 的總釋放量約 20%。DOC 會增加水體的需氧量，造成水體缺氧，Adjusted 處理在這個考量上有其優勢。水泥中富含鈣、鋁、矽鹽，可吸附磷或與磷形成沉澱，因此磷的總釋放量被大幅降低，其中 Adjusted 處理另外添加了硫酸亞鐵，鐵氧化後亦可沉澱或吸持磷，因此磷的總釋放量下降至 8.7%。磷是造成水體優養化的重要元素之一，SVMT 可降低磷淋洗之風險。在植生考量上，各處理可提供的主要養分總量雖有高低差異，但皆已充足。在環境考量上，關注的主要為氮、磷與可溶性有機碳。GA 處理對氮與可溶性有機碳的釋出影響不大，但可降低磷的釋放。Adjusted 處理可降低磷與可溶性有機碳的釋放，效果比 GA 更好，但需考量其對氮釋放的增加。這些現象之影響因子可進一步研究並提出控制管理方式。建議未來 SVMT 之現地操作可進行各元素釋放量之相關研究。

主要參考文獻

- Fan, J. C., C. L. Huang, C. H. Yang, K. W. Liao, and W. W. Liao. 2013. Effect evaluation of shotcrete vegetation mulching technique applied to steep concrete-face slopes on a highway of Taiwan. *Paddy Water Environ.* 11:145–159.
- Chen, F., Y. Xu, C. Wang, and J. Mao. 2013. Effects of concrete content on seed germination and seedling establishment in vegetation concrete matrix in slope restoration. *Ecol. Eng.* 58:99–104.

土壤肥力與施肥技術(四)

化學肥料減施增效調控途徑

Approach to Improve Nutrient Use Efficiency of Chemical Fertilizers

周衛*

中國農業科學院農業資源與農業區劃研究所

針對我國化肥不合理施用引起環境污染等問題，分析了肥料利用率低的主要原因，剖析了歐美發達國家提高肥料利用率的主要途徑；從推薦施肥方法，化肥有機替代、新型肥料創制、面向智慧機具的基礎研究等方面介紹了研究團隊近幾年該方面的主要進展，提出未來主要任務包括建立先進推薦施肥方法與養分限量標準，實施有機養分替代化肥策略，創制高效新型肥料，研發智慧化施肥技術與裝備，為國家化肥用量零增長行動提供有力支撐。

在 973 計畫、公益性行業專項等項目支持下，研究團隊取得的主要進展包括：(1)建立推薦施肥新方法。研究建立了基於作物產量反應與農學效率的推薦施肥方法，並將其結合現代資訊技術研發形成介面友好，操作簡單的養分專家系統 (NE)。該方法既適合當前我國以小農戶為主體的國情，也適合大面積區域推薦施肥，可以在沒有土壤測試的條件下應用。(2)實施有機肥料替代化肥策略。發現有機肥碳分解中綠彎菌、厚壁菌、擬桿菌等細菌是主要參與者，真菌糖苷水解酶 *cbhI* 和細菌糖苷水解酶 *GH48* 所編碼的纖維素酶發揮重要作用；化肥選擇性刺激了放線菌和硝化螺菌生長，而有機肥能夠將施用化肥所改變的細菌群落向其初始狀態恢復。(3)創制新型高效肥料。發明了低成本、易降解系列肥料用緩釋材料，解決了成本高、降解難的技術難題；研發出含有熱帶假絲酵母、米麴黴、木黴菌、及枯草芽胞桿菌等高效秸稈腐熟菌劑，比現有腐熟劑縮短 1/3 腐解時間。(4)開展了面向智慧化施肥機具研發的基礎研究。研究水稻、小麥和玉米根區施肥技術，提出合理施肥位置，其具顯著節氮增產效果；闡明根區施肥增產增效機理是①通過作物根系和土壤雙重攔截，保證後期高濃度養分供應，實現養分損失田間原位阻控；②高養分濃度對土壤氮氧化微生物有抑制作用，阻控氮素損失；③根系環繞肥料生長，形成"根包肥"格局，是根區施肥養分高效的重要原因。

關鍵字：化肥減施增效；推薦施肥；有機替代；新型肥料；智慧機具

*E-mail: zhouwei02@caas.cn

壁報論文

生物炭原料與裂解溫度對臺灣農地土壤碳礦化作用的影響

Effects of biochar feedstocks and pyrolysis temperature on carbon mineralization of Taiwan rural soils

張瑀芳¹、蔡呈奇^{1,*}、陳琦玲²

¹ 宜蘭大學森林暨自然資源學系

² 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

*E-mail: cctsai@niu.edu.tw

摘要

選用不同原料(刺竹、柑橘枝條、稻殼)與裂解溫度(400、500 與 600°C)製備生物炭並添加在兩種臺灣代表性土壤(平鎮土系與二林土系)中，利用土壤碳礦化孵育試驗監測土壤碳礦化作用的變動，本研究的主要目的為探討各種生物炭是否能夠穩定土壤有機質與減少土壤碳礦化，達到保育土壤與永續利用的目的。短期試驗(56 天)結果指出，添加生物炭皆顯著提高土壤碳礦化量(mg CO₂-C (kg soil)⁻¹)；Eh 土壤的所有處理組之碳礦化量與累積碳礦化量顯著高於 Pc 土壤；在酸性紅壤(Pc)中添加 400°C 與 500°C 刺竹生物炭有減少土壤碳礦化作用的正面效應，但是添加柑橘枝條生物炭卻產生負面效應。在石灰性黏板岩老沖積土(Eh)中添加刺竹、柑橘枝條、稻殼等三種原料製備的生物炭皆有減少土壤碳礦化作用的正面效應，以 500°C 與 600°C 的裂解溫度製備下的生物炭較佳。

關鍵詞：生物炭原料、裂解溫度、土壤碳礦化、紅壤、石灰性黏板岩沖積土

前言

生物炭的物理及化學特性的變化是取決於生產原料(feedstock)的物質，以及在熱裂解過程中氧氣和溫度的可得性(Lua and Yang, 2004; Gundale and DeLuca, 2006; Amonette and Joseph, 2009)。生物炭影響土壤 CO₂ 的釋放有兩種方式，透過直接的方式為將生物炭中的碳吸存在土壤中，或透過間接的方式為改變土壤的物理、化學與微生物的性質(Lehmann et al., 2003; Steiner et al., 2007)。Rogovska et al. (2011)的研究表示，添加生物炭到土壤中會增加土壤的呼吸作用與 CO₂ 的釋放，這可能部分抵銷了生物炭添加到土壤中的碳庫存；但也有研究提出不同的結果。Spokas and Reicosky (2009)將 16 種不同的生物炭加到土壤中觀察土壤 CO₂ 釋放量的增加或減少的變化，作者認為生物炭的品質對於生物炭與土壤有機質之間的交互作用有主要的影響。本研究選用三種不同原料(刺竹、柑橘枝條、稻殼)，在三種裂解溫度(400、500 與 600°C)下製備生物炭，並選取台灣北部的酸性紅壤與中部的石灰性黏板岩老沖積土兩種具代表性的土壤，探討不同生物炭添加後土壤碳礦化作用的變動，以瞭解各種生物炭是否能夠穩定土壤有機質與減少土壤碳礦化，達到保育土壤與永續利用的目的。

材料與方法

本研究選擇 2 種代表性農地土壤土系，包括平鎮系(Pc)(酸性紅壤母質)與二林系(Eh)(石灰性黏板岩老沖積土)，採集表土(0-20cm)做為試驗土壤。選用刺竹(A)、柑橘枝條(B)、稻殼(C)等三種原料，在三種裂解溫度(400、500 與 600°C)下製備生物炭。土壤碳礦化孵

壁報論文

育試驗之試驗處理為 2 種土壤(Pc&Eh)×9 種生物炭(施用量 2%)×3 重覆(共 54 個樣本)，對照組為不添加生物炭之 2 種土壤(Pc&Eh)×3 重覆(共 6 個樣本)，總共 60 個樣本。孵育試驗依 Zibilske (1994)之方法測定碳礦化量。本研究預計為三年期試驗，每年添加一次生物炭，目前提出內容為短期 56 天的土壤孵育試驗成果。

結果與討論

1. 添加生物炭皆顯著提高土壤碳礦化量($\text{mg CO}_2\text{-C (kg soil)}^{-1}$)。
2. 同一種原料製備下，裂解溫度愈高，在 Pc 土壤的碳礦化量有遞增的趨勢，但是在 Eh 土壤中卻是有遞減的趨勢。
3. Eh 土壤的所有處理組之碳礦化量與累積碳礦化量顯著高於 Pc 土壤。
4. 前兩周監測時間內，第 0 天(添加後隔天)的礦化量在 Pc 與 Eh 土壤中都顯著較高，但是隨時間很快地遞減，並在第 56 天兩者都有顯著的提高碳礦化量。
5. 第 56 天土壤中總碳留存率(%)的變化，Pc 土壤的所有處理組介於 92.4%(Pc-6B)與 97.7%(Pc-4A)之間，並且 $4A > 5A > 4C > 5C > \text{control} > 6A > 6C > 5B > 4B > 6B$ ；Eh 土壤的所有處理組介於 63.9% (control)與 84.1%(Eh-5A)之間，並且 $5A > 6A > 4A > 6B > 5B > 4B > 5C > 6C > 4C > \text{control}$ 。
6. 短期試驗結果指出，在酸性紅壤(Pc)中添加 400°C 與 500°C 刺竹生物炭有減少土壤碳礦化作用的正面效應，但是添加柑橘枝條生物炭卻產生負面效應。在石灰性黏板岩老沖積土(Eh)中添加刺竹、柑橘枝條、稻殼等三種原料製備的生物炭皆有減少土壤碳礦化作用的正面效應，以 500°C 與 600°C 的裂解溫度製備下的生物炭較佳。

參考文獻

- Amonette, J. E., and S. Joseph. 2009 Characteristics of biochar: microchemical properties. Chapter 3. In: Lehmann J, Joseph S (eds) Biochar for environmental management science and technology. Earthscan, London, pp 33–52.
- Gundale, M. J., and T. H. DeLuca. 2006. Temperature and source material influence ecological attributes of ponderosa pine and Douglas-fir charcoal. *For. Ecol. Manage.* 231:86–93.
- Lehmann, J., D. Kern, L. German, J. McCann, G. C. Martins, and L. Moreira. 2003. Soil fertility and production potential. Chapter 6. In: Lehmann J, Kern DC, Glaser B, Woods WI (eds) Amazonian dark earths: origin, properties, management. Kluwer Academic, Dordrecht, pp 105–124.
- Lua, A. C., and T. Yang. 2004. Effects of vacuum pyrolysis conditions on the characteristics of activated carbons derived from pistachio-nut shells. *J Colloid Interface Sci.* 276:364–372.
- Rogovska, N, Laird, D., Cruse, R., Fleming, P., Parkin, T., Meek, D., 2011. Impact of biochar on manure carbon stabilization and greenhouse gas emission. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75, 871-879.
- Spokas, K. A., and D. C. Reicosky. 2009. Impacts of sixteen different biochars on soil greenhouse gas production. *Ann. Environ. Sci.* 3:179–193.
- Steiner, C., W. G. Teixeira, J. Lehmann, T. Nehls, J. L. V. de Macedo, W. E. H. Blum, and W. Zech. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant Soil* 291:275–290.
- Zibilske L. M. 1994. Carbon mineralization. In: Weaver RW, Angle S, Bottomley P, Bezdicek D, Smith S, Tabatabai A, Wollum A (eds) Methods of soil analysis, part 2. American Society of Agronomy, Madison, Wis., pp 835–863

壁報論文

不同介質對草莓親株生長與走蔓增殖之影響

Effects of different mediums on the growth of strawberry mother plant and reproduction of runner plant

吳添益*、蔡正賢

苗栗區農業改良場

*E-mail: tianyh@mdais.gov.tw

摘要

試驗結果得知，從結束期介質成分分析與走蔓繁殖數相關研判，介質酸鹼值適於 5-7 間，以 6 左右為佳，電導度 2.0-3.0 dS/m 為宜，礦物氮(T-N)則以 120-210 mg/L 為宜。草莓親株生長與走蔓繁殖方面，採用泥炭土及沃鬆土介質，每棵親株產生走蔓數、子苗數及株高分別為 7.7-10.2 條、49-108 棵及 17.9~20.3 公分，為參試介質中表現較好。

關鍵詞：介質；草莓；走蔓

前言

草莓生產專區苗期管理，能否育成健康理想的草莓苗，是本圃生產成敗最大關鍵因素之一。由於作物的水分生理、營養特性不同，生產期農業栽培的大氣環境不同，以及介質的性質也不相同，各種研究均相當迫切。本研究利用市售介質進行草莓親株栽培管理，探討不同介質對草莓親株生長與走蔓增殖之影響。

材料與方法

供試草莓品系有豐香及香水等 2 種，每品系採用超媚土、椰纖土、泥炭土及沃鬆土等四種介質；每小區定植 5 株親株，3 重複。氮肥用量於基肥每株施用 1.5 g-N，追肥用量每株施用 1.3 g-N，共追施 2 次。評估親株繁殖期不同介質對親株生長及走蔓增殖之影響。

結果與討論

由栽培介質理化性分析，得知椰纖土特徵表現於酸鹼值及鈉含量分別為 7.6 及 70 mg/L 為參試介質中最高，礦物氮含量為 4.2 mg/L 為最低。株高生長表現於豐香與香水兩品系，都以超媚土表現為最低。試驗結果得知，從結束期介質成分分析與走蔓繁殖數相關研判，介質酸鹼值適於 5-7 間，以 6 左右為佳，電導度 2.0-3.0 dS/m 為宜，礦物氮(T-N)則以 120-210 mg/L 為宜。草莓親株生長與走蔓繁殖調查，採用泥炭土及沃鬆土介質，每棵親株產生走蔓數、子苗數及株高分別為 7.7-10.2 條、49-108 棵及 17.9~20.3 公分，為參試介質中表現較好。

參考文獻

吳添益等。2017。草莓栽培苗期水介質養分整合管理技術之研究。苗栗區農業改良場 106 年度科技計畫研究報告。p.1-12。

壁報論文

表 1、參試商品介質化學性檢測

介質	酸鹼度	電導度 d S/m	mg/L					
			鈉	磷	鉀	鈣	鎂	氮(T-N)
M-1*	6.9	1.35	34	94	345	122	34	15
M-2	7.6	0.977	70	28	190	13	2.9	4.2
M-3	7.0	0.504	12	23	33	33	3.6	16.5
M-4	6.6	0.513	29	22	94	13	2.9	10

註：*M-1：超媚土，M-2：椰纖土，M-3：泥炭土，M-4：沃鬆土。檢測以飽和抽出液測定。

表 2、參試商品介質物理性檢測

介質	總體密度(g/L)	空氣孔隙度(%)	總孔隙率(%)	容器含水量(%)
*M-1	185	5.3	91.8	86.5
M-2	60	11	94	83
M-3	105	8.5	97.5	89
M-4	215	5.5	94.5	89

表 3、不同介質對草莓豐香品系親株繁殖期生長及走蔓增殖之影響

處理	走蔓徑寬	株高**	葉柄汁液	走蔓數	子苗數
	(mm)	(cm)	NO ₃ -N(ppm)	(條/株)	(棵/株)
*M-1	3.0 ± 0.8 a	15.5 ± 1.9 b	1,196 ± 15 b	6.7 ± 1.4 c	59 ± 18 b
M-2	3.1 ± 0.4 a	18.4 ± 0.9 a	1,088 ± 80 b	8.0 ± 0.1 bc	62 ± 13 b
M-3	2.9 ± 0.5 a	20.3 ± 0.8 a	1,839 ± 364 a	10.2 ± 0.9 a	108 ± 29 a
M-4	3.1 ± 0.1 a	18.6 ± 1.4 a	1,286 ± 178 b	9.4 ± 1.4 ab	76 ± 20 ab

註：**分別於定植後 45 天、55 天及 70 天調查走蔓徑寬、株高、葉柄汁液硝酸態氮濃度，

結束期調查走蔓數及子苗數等。*同表 1 說明。

表 4、不同介質對草莓香水品系親株繁殖期生長及走蔓增殖之影響

處理	走蔓徑寬	株高**	葉柄汁液	走蔓數	子苗數
	(mm)	(cm)	NO ₃ -N(ppm)	(條/株)	(棵/株)
*M-1	3.3 ± 0.3 a	16.0 ± 1.0 c	832 ± 212 b	5.8 ± 1.2 c	26.2 ± 8.8 c
M-2	3.3 ± 0.3 a	16.6 ± 1.2 bc	793 ± 201 b	6.5 ± 0.3 bc	28.0 ± 7.1 bc
M-3	3.4 ± 0.2 a	17.9 ± 0.4 ab	1,313 ± 296 a	7.7 ± 0.4 ab	49.0 ± 14.2 ab
M-4	3.5 ± 0.1 a	18.3 ± 0.4 a	1,176 ± 65 ab	8.1 ± 0.9 a	62.0 ± 13.8 a

壁報論文

註：*同表 1 說明。**同表 3 說明。

水稻鎘元素調控基因之遺傳歧異性與低累積選育模式

Study of Genetic Diversity and Rice Breeding Mode for Low-Cd Accumulation

吳東鴻^{*1}，杜沛蓉¹，吳佩真¹，許健輝²，林毓雯²，李長沛¹，賴明信¹

¹ 農業委員會農業試驗所作物組

² 農業委員會農業化學組

*E-mail: dhwu@tari.gov.tw

國內農業灌溉用水與工廠廢水並未分流，顯見生產環境惡劣、土地汙染氾濫，然私稻較稈稻品種更易吸收轉運土壤中鎘物質，使其安全生產備受考驗。在水稻第7條染色體上，存有1個主效基因座(*qCDT7*)，其中1.6 Mb內涵蓋4個鎘吸收、轉運相關重要基因，分別係 *OsNRAMP1* 基因調控水稻根部鎘吸收能力、*OsHMA3* 基因主控細胞將鎘轉運進液泡以減少木質部容載量、*OsNRAMP5* 基因調控根部鐵、錳與鎘元素吸收以及 *OsZIP8* 基因負責鋅與鎘元素轉運。在3K水稻種原(3,024個)中，顯示 *OsNRAMP1* 基因高吸收基因型95%均存於私稻亞種(1,684個)中，低吸收基因型則多在稈稻亞種內；*OsHMA3* 基因在絕大多品種中雖可區分成多種單倍型，但卻均未檢索到易轉運基因型(80th、380th aa與826-878th InDel)；而 *OsNRAMP5* 基因則有66%與Nipponbare相同，另2種來自私稻、熱帶型稈稻單倍型分別達整體5%與12%具有3bp和12bp小片段刪除變異可供降低根部吸收潛力；*OsZIP8* 基因則具有高度遺傳保留性；由此可知綜合出各類種原之鎘累積屬性。隨之，利用分子輔助回交育種法，以私稻「台中私10號」為改良親本，由稈稻「臺稈2號」為提供親，選育出帶有低鎘累積特性的私稻新品系，2015年第1期作在後里試驗區進行現地評估，可知私稻低鎘累積新品系因帶有 *OsNRAMP1* 根部低吸收特性與原先木質部低轉運基因型 *OsHMA3*，並和「台中私10號」有高度相似株型，但大幅下降鎘累積程度達42.2%，能有效降低私稻品種易發生鎘米風險的困擾。總結，本試驗運用分子輔助回交策略改良國內私稻栽培品種後，並於現地栽培環境下進行初步可行性評估，冀望新品系選育能兼具在稻作生產與食品安全上提供一項緩解措施。

關鍵字：水稻、調控鎘吸收與轉運基因、低鎘累積水稻品種選育

前言

全球稻作生產區以私稻栽培為主要體系，而私稻栽培也持續穩定存於我國水稻生產體系中，國內農業灌溉用水與工廠廢水並未分流，農田重金屬汙染事件頻傳，然私稻較稈稻品種更易吸收轉運土壤中鎘物質，使其生產安全備受考驗；本篇研究藉由分子輔助

壁報論文

回交策略，將稉稻第 7 條染色體上 *qCdT7* 基因座的遺傳組成置換至「台中秈 10 號」中，並利用過去已建立的染色體置換系族群加速選育期程，最後直接進行現地評估試驗，確認新品系上各植體部分的鎘累積能力與改良效果，冀望降低秈稻植株中鎘的含量，減緩秈稻栽培所面臨的環境衝擊並提升食米安全。

材料與方法

選育台中秈 10 號導入系

利用分子輔助回交育種法，以稉稻「台稉 2 號」作為提供親，秈稻「台中秈 10 號」作為輪迴親，將「台稉 2 號」第 7 號染色體上的 *qCdT7* 片段導入「台中秈 10 號」，作為新品系台中秈 10 號 *qCdT7*。

田間試驗評估

於台中市后里地區高風險試驗田進行現地評估。參試品系分別為已知高鎘累積秈稻品種‘Habataki’、低鎘累積稉稻品種「台農 71 號」、輪迴親「台中秈 10 號」、提供親「台稉 2 號」與新品系台中秈 10 號 *qCdT7* 等 5 個品種（系）。

各植株均以生物性濃縮係數 (bio concentration factor, BCF)，來呈現作物對鎘的吸收能力，以此進行後續各品系間統計檢定。

結果與討論

秈稻品種的輪迴親「台中秈 10 號」與‘Habataki’ BCF 值達到 4.0234 與 4.0478，然後依序遞減為「台農 71 號」、提供親「台稉 2 號」以及新改良品系「台中秈 10 號 *qCdT7*」，新品系改良後的 BCF 值與輪迴「台中秈 10 號」相比顯著下降 44.7%。莖葉的 BCF 值也是以秈稻‘Habataki’為最高，而輪迴親「台中秈 10 號」次之，秈稻新品系與另 2 個稉稻品種的 BCF 值較低，新品系的莖葉 BCF 值與輪迴親相比之下降幅度達 24.9%。在糙米的 BCF 值上，可見與前述性狀的排序相仿，仍以秈稻品種 Habataki 的 BCF 值 0.3706 為最高，輪迴親台中秈 10 號的糙米 BCF 值 0.2667 排次之，秈稻新品系(0.1540)與稉稻台農 71 號(0.1251)以及台稉 2 號(0.1124)同屬於較低累積量者，並較輪迴親台中秈 10 號顯著下降 42.2%。

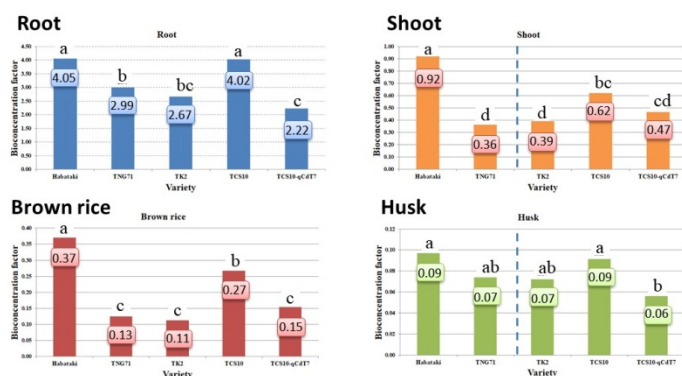


Fig. 1. Bio concentration factor of TCS10–*qCdT7*, its parents and other two cultivars in root, shoot, brown rice and husk (n=6). Mean within each bar followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

高二氧化碳下接種 *Azotobacter* spp. 及氮肥施用量對水稻生長之影響

Effects of elevated CO₂, nitrogen fertilization, and inoculated *Azotobacter* spp. on rice growth

洪姿阡、陳宣如*、黃政華
中興大學土壤環境科學系

摘要

水稻是全球主要的糧食作物之一，但氣候變遷對水稻之衝擊可能影響糧食安全。本研究探討兩種不同二氧化碳濃度下 (500 和 1000 ppm)，水稻接種四種游離固氮菌 *Azotobacter* 菌株和施用四種不同氮肥施用量對水稻生長之影響。研究結果顯示，因應未來氣候變水稻之生產管理，依土壤條件施用適當的 *Azotobacter* 菌株和適合的氮肥施用量，並配合土壤肥培管理應可確保氣候變遷下水稻之產量，以維護糧食安全。

關鍵字：氣候變遷、游離固氮菌、水稻

前言

由於水稻的生長、發育及穀粒發展需大量養分，而其中又以氮肥需求量較高，但大量的水稻田可能缺乏氮肥。此外，脫氮作用、氮揮失及淋洗作用皆可能減少土壤有效性氮，而無法供應水稻生長所需。大氣中的氮可藉由生物固氮作用進入生態系，有些微生物可以使用固氮酵素將氮轉變成氨，而這些微生物稱為固氮菌，其中游離固氮菌如 *Azotobacter* 屬不具有專一性，因此可使用於各種作物，具有多重效果的優點。

材料與方法

1. 供試菌株之來源和篩選

於有機和慣行農法水稻田逢機取樣 5 個水稻根圈土壤，以修正過之土壤穀粒法來分離出 *Azotobacter* 菌種，選出微生物固氮酵素活性及吡啶乙酸生成量分析中結果最佳的三株菌株(CHB461、CHB475、CHB869)，進行盆栽試驗。

2. 環境條件

利用 CO₂ 濃度監控暨溫度控制系統監測溫度和二氧化碳濃度，將二氧化碳濃度分別調節為 500 和 1000 ppm，在溫度處理上，設定為日夜溫為 30/25°C，並使用 4 種不同氮肥施用量(0：60：120：180 kg N ha⁻¹)，進行為期 120 天的盆栽試驗。

3. 盆栽試驗土壤

本研究土壤採集於台中大里的水稻田土壤，為慣行水稻田土壤。

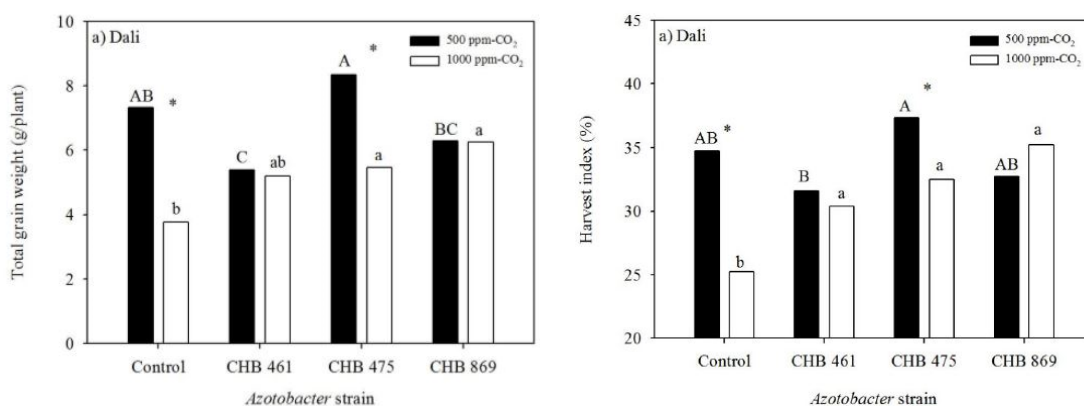
結果與討論

表一、二氧化碳濃度和氮肥施用量對種植於大里土壤的水稻之產量影響

壁報論文

[CO ₂]	Nitrogen fertilization	Panicle weight	Thousand grain	Total grain weight	Harvest index (%)
	(kg/ha)	(g/plant)	weight (g)	(g/plant)	
500 ppm	0	9.72 a ²	19.4 ab	8.40 a	38.3 a
	60	8.12 a	20.3 a	7.01 ab	35.6 ab
	120	7.2 b-d	17.7 b	6.15 bc	31.9 bc
	180	6.73 b-d	18.4 ab	5.79 bc	30.8 bc
1000 ppm	0	7.71 bc	17.1 bc	6.20 bc	34.8 ab
	60	5.73 d	15.0 cd	4.55 d	31.9 bc
	120	6.19 cd	15.1 cd	4.90 cd	29.2 c
	180	6.60 b-d	13.0 d	5.01 cd	27.4 c

²Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Fisher's LSD at 5% probability.



圖一、二氧化碳濃度和游離固氮菌

Azotobacter 對水稻穗重和收穫指數的影響

大里土壤不論在何種二氧化碳濃度條件下，水稻收穫指數皆隨氮肥施用量增加而減少，在 1000 ppm CO₂ 環境下，增加氮肥施用量平均減少千粒重(表一)，推測大里土壤可能存在著氮肥過量的問題，而導致在高二氧化碳處理下仍無法表現出氮肥增加對產量的正面效益。

大里土壤接種 *Azotobacter* 菌株，在 500 ppm CO₂ 處理時，菌株並無法明顯增加水稻的收穫指數，但在 1000 ppm CO₂ 處理中，接種 *Azotobacter* 菌株皆顯著增加收穫指數，其中以接種 CHB 869 增加收穫指數為最高，達 39.7 % (圖一)。

結論

在任何二氧化碳濃度下，大里土壤中收穫指數及千粒重皆因氮肥增加而明顯減少，表示大里土壤因氮肥過量造成較高的生物及非生物逆境。二氧化碳濃度及 *Azotobacter* 菌株接種對水稻產量有顯著交感效應，在 1000 ppm 高二氧化碳下接種 CHB 869 菌株可顯著增加穗重及收穫指數。

參考文獻

陳宣如，2017。高二氧化碳下接種 *Azotobacter* spp. 及氮肥施用量對水稻生長之影響，國立中興大學土壤環境科學系碩士論文。

壁報論文

施用雞糞生物炭對溫室土壤性質及葉萵苣生長之影響

Effect of long-term application of poultry-litter biochar on soil and growth of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in the green house

廖語妍¹、程梅萍²、王尚禮³、游淳卉³、賴鴻裕^{1*}

¹ 中興大學土壤環境與科學系

² 行政院農業委員會畜產試驗所

³ 臺灣大學農業化學系

*E-mail: soil.lai@nchu.edu.tw

摘要

本研究以位於桃園地區的溫室進行試驗，種植的作物為葉萵苣，以不同施用量施用化學肥料、不同雞糞資材及兩種溫度製備之雞糞生物炭，以評估長期施用上述資材對於土壤性質及葉萵苣生長之影響。試驗結果顯示，溫室土壤施用生物炭可改善土壤化學性質並促進葉萵苣生長，若是綜合考量土壤性質、葉萵苣生長及土壤碳吸存，則 350-1% 雞糞生物炭為最佳之處理方式。

關鍵字：碳吸存、葉萵苣、雞糞生物炭

前言

生物炭是在缺氧環境下高溫裂解後所產生的多孔性物質，不同的生物炭來源與其製備時之炭化溫度，決定其物理及化學特性。生物炭亦可作為土壤改良劑，將生物炭以及磷肥共同施用時，可以提高磷肥效性以及作物的產量。但生物炭所含之養分在淋洗受到限制的溫室條件下，是否會對土壤及作物生長造成負面影響則有待釐清，因此本試驗將不同溫度下製成的雞糞生物炭施用於溫室土壤，以評估其對於土壤與葉萵苣生長之影響。

材料與方法

試驗之處理資材包含化學肥料、生雞糞、雞糞堆肥及兩種溫度(350°C、600°C)下製備之雞糞生物炭，上述資材之施用量則依照葉萵苣的 P₂O₅ 推薦施肥量(60 kg/ha)以 0.5 倍、1.0 倍及 2.0 倍於每期作種植前添加(分別以-0.5X、-1X 及-2X 表示)，或是以 0.5% 及 1.0% 於第一次種植前添加(分別以-0.5% 及-1% 表示)，每種處理進行四重複，三作葉萵苣之種植時間分別為 41、41 及 37 天。

採集之土壤樣品經風乾、磨碎及過篩後進行基本性質分析，分析之項目包含：pH (w/v = 1/5)、EC_w (w/v = 1/5)、2 M KCl 可萃取的有效性氮濃度(銨態氮及硝酸態氮)、可交換性陽離子(鈣、鎂、鉀)濃度。所採集之植物體先量測株高、葉長、葉數、鮮重、乾重等生長表現，經自來水及去離子水清洗後，以 65°C 烘乾 72 小時後再秤其乾重。植物體經

壁報論文

磨碎及分解後，分析其氮、鈣、鎂及鉀之濃度。

結果與討論

在第三期作發現 600-0.5%與 CC-1X 會使萵苣葉長增長，從 CK 的 24.4 cm 提升至 33.2~38.5 cm，其他處理對萵苣葉長沒有顯著影響。鮮重及乾重的部分，第三期各處理的鮮乾重較對照組高，特別是 1%的 350°C 及 600°C 雞糞生物炭，鮮乾重分別增加 58~66% 及 47~56%，但若與第一期比較，整體鮮乾重降低，是因為長期種植而降低。

在不同處理下植物體地上部累積的總氮、鈣、鎂及鉀濃度，長期栽培及資材的施用會影響葉萵苣的養分元素濃度，特別是 0.5 及 1%的處理，植體鈣濃度會降低，但對總氮及鎂濃度卻增加，若與 CK 比較，2X、0.5 及 1%的雞糞生物炭卻會使葉萵苣鎂濃度降低，從 1.7%降低至 1.1~1.4%。對葉萵苣而言反而會因為施用 0.5%或 1%的雞糞生物炭而使鉀濃度增加尤其是 600°C 雞糞生物炭的處理，其鉀濃度會達到 7.4~7.8%。

致謝

感謝行政院農業學委員會經費補助(計畫編號：106 農科-2.4.3-U1)

碳鐵比及 pH 對穩定可溶性有機質-鐵氫氧化物共沉澱物結構的影響

Effects of C/Fe Ratios and pH on Stabilization of Dissolved Organic Matter-Fe Hydroxides Co-precipitates

陳楷岳、鄒裕民*、劉雨庭、蕭傳諺

中興大學土壤環境科學系

*E-mail: ymtzou@dragon.nchu.edu.tw

Abstract

Dissolved organic matter (DOM) is capable of modifying the surfaces of soil Fe hydroxides or even forming stable co-precipitates with Fe(III) in an acidic environment. The aim of this study is to investigate the structural stabilization of DOM/Fe co-precipitates (DFC) in relation to changes of pH and C/Fe ratios using various spectroscopic techniques. In the system with bulk C/(C+Fe) molar ratios ≤ 0.65 of DFC, the ferrihydrite-like Fe domains were precipitated as the core and covered by the DOM shells (DFC structure I). While C/(C+Fe) molar ratio ranges between 0.71 and 0.89, the emerging Fe-C bonding implied a more substantial association between edge-/corner-sharing FeO₆ octahedra and DOM (DFC structure II). When the bulk C/(C+Fe) molar ratios were greater than and equal to 0.92, only corner-sharing FeO₆ octahedra along with Fe-C bonding was found (DFC structure III). The homogeneously distributed C and Fe domains caused the enhanced Fe and C dissolution from co-precipitates. The C/Fe ratios controlled structural compositions and stabilities of DOM/Fe co-precipitates and may be helpful to understand C and Fe cycling in the natural environments. Key words: Dissolved organic matter; co-precipitation; C/Fe molar ratios

Introduction

Co-precipitation between SOM/DOM and Fe/Al ions and has been normally found in the mine drainage waters, aquifers and leached soils. In company with the fluctuation of redox conditions, organic-metal co-precipitates may also form a strong covalent bond between DOM and Fe(III)(Pohlman and McColl, 1988), which was derived from the oxidation of soluble Fe(II) as a result of an intrusion of dissolved oxygen. Though partition/adsorption of organic molecules may occur on the Fe hydroxides, the carboxylic groups of DOM structures supply rich binding sites to complex with Fe(III). Lalonde, et al. (2012) also reported that co-precipitation between DOM and Fe was an important reason contributing to soil C sequestration.

Materials and Methods

1. Extraction of DOM

壁報論文

2. Co-precipitation and Solubilisation of DOM/Fe(III)
3. Characterizations of DOM/Fe Co-precipitates
4. Chemical Compositions, Mineralogical, Structural, and Surface Analyses of DOM/Fe Co-precipitates

Results

Associations with Fe(III) can control the stabilization and biogeochemical cycling of C. A significant decrease in Fe(III) solubilisation was examined with increasing Fe proportion in the DFC samples among all tested pH values. In the system with C/(C+Fe) molar ratios ≤ 0.65 , XRD and Fe-XAS analyses implied that such DFC samples precipitated as a core-shell structure (DFC structure I). The ferrihydrite-like Fe domains precipitated as the cores, and these Fe-cores were covered with DOM molecules as indicated by XPS analysis, which indicated an approximate 1.5-fold enrichment of near-surface C proportion relative to bulk C proportion. The association between the Fe cores and the C shells was evidenced by the significantly decreased peak intensity of the carboxyl functional groups as shown in the XPS, FTIR, and C-NEXAFS results. These samples also had the least amounts of C and Fe solubilisation, implying a relatively stable structure in the Fe-core/C-shell type.

Conclusions

While the outgrowth of the DOM on Fe hydroxides at C/(C+Fe) ratios between 0.71 and 0.89 stabilized the Fe domains, Fe hydroxides were subject to solubilisation at C/(C+Fe) ratios ≥ 0.92 as a consequence of the homogeneously distributed unstable structures between Fe and C domains. As soon as C/Fe co-precipitates formed in soil systems, such association of organic matter to soil inorganic minerals increases the resistance of organic matter to microbial decomposition. Furthermore, C/Fe co-precipitates also serve as carriers controlling the mobility and bioavailability of environmental inorganic pollutants such as chromium.

References

- Chen, K.-Y., T.-Y. Chen, Y.-T. Chan, C.-Y. Cheng, Y.-M. Tzou, Y.-T. Liu, et al. 2016. Stabilization of Natural Organic Matter by Short-Range-Order Iron Hydroxides. *Environmental Science & Technology* 50: 12612-12620.
- Lalonde, K., A. Mucci, A. Ouellet, and Y. Gélinas. 2012. Preservation of organic matter in sediments promoted by iron. *Nature* 483: 198.

壁報論文

沼渣有機肥料試製與作物生長初步驗證

孔祥丞¹、魏碧玉^{1*}、朱盛祺²、羅朝村³

¹ 工業技術研究院 材料與化工研究所

² 苗栗區農業改良場 生物防治分場

³ 虎尾科技大學 生物科技系

*E-mail: jasperwei@itri.org.tw

摘要

沼氣發電是現今國家綠能發展的重要政策之一，然利用養豬廢水(豬糞尿)作為沼氣發電，在厭氧槽內產生大量之沼氣後，固液分離所產生之乾物質廢棄物-沼渣，不論是曝氣或厭氧發酵所剩餘之沼渣如何加以應用，則是永續經營或是循環經濟所必須考慮的重要因素。本實驗先分析養豬廢水經厭氧發酵之沼渣成分，將之試製成沼渣有機肥料再進一步測試對作物生育之影響，以作為沼渣再利用之參考。實驗結果顯示：添加適量本實驗試製之沼渣有機肥相較於對照組(市售之栽培土)較有利於小白菜及萵苣之生長；且對萵苣及小白菜單株重之生長表現優於市售有機肥商品 A 及 B。

關鍵詞：沼渣、有機肥料、液化澱粉芽孢桿菌、萵苣、單株重。

前言

近年循環經濟發展日益受到重視，各國也積極推動養豬廢水產沼氣之綠能政策。然產生之大量沼渣的去化問題，仍是推動沼氣發電應用不容忽視的議題。沼渣營養成分豐富，除含有大量的有機質、腐植質、多種氨基酸、酶類和有益微生物外，還含有氮、磷、鉀肥以及微量元素等，極適宜再應用。國際間已投入多項沼渣再利用之研究，包含：有機新肥料開發(劉力仁，2013；[Http://www.lifemisfertilizer.eu/en/](http://www.lifemisfertilizer.eu/en/))、等。朱盛祺(2017)將液化澱粉芽孢桿菌施用於土壤，因兼具溶磷與溶鉀等功效及分解澱粉、蛋白質與纖維素酵素之活性，可有利肥料及土壤中的營養元素釋放幫助作物生長。為達到沼渣資源物循環再利用並有利作物生長，本實驗擬於堆肥初期添加液化澱粉芽孢桿菌，將沼渣與農業剩餘資材(例如：廢棄菇包)試製成有機肥料，並進一步測試該沼渣有機肥料對作物生育之影響，以逐步推動沼渣之再利用，提升我國農業剩餘資材之再利用率。

材料與方法

表 1 中有為本實驗資材之肥分表，其中之沼渣為取自嘉義張林素梅二場養豬廢水經厭氧發酵產沼氣後固液分離所得之乾物質，另一資材為杏鮑菇栽後廢棄包。本實驗取上述兩種資材經配比、混料後進行堆肥製程，並添加有適量之液化澱粉芽孢桿菌以進行沼渣有機肥試製。本實驗作物生長初步驗證選擇以小白菜及萵苣作為供試作物。作物生長初步驗證方式為：以市售之栽培土為基礎，將處理肥料(沼渣有機肥及市售有機肥商品

壁報論文

A(N:2.5、P:2.5%、K:1.3%)及 B(N:1.5%、P:0.9%、K:1.5%)等), 各以 0.5%、1.0%及 5.0% 添加濃度與栽培土混合後, 填入 6 吋盆鉢中進行盆栽試驗。每一處理 3 盆, 每盆 5 株, 採三重複, 分別觀察紀錄此兩種作物之生長發育狀況(例如: 植株重量等)。

結果與討論

表 1 顯示有本實驗試製所得沼渣有機肥之肥分。由其上之肥分顯示, 本試製之沼渣有機肥應可符合有機肥肥料品目申請(例如: 品目編號 5-09~5-11 等)。表 2 為添加不同濃度之沼渣有機肥及市售有機肥商品 A 及 B, 對萵苣及小白菜生育單株重之比較。由 2 對萵苣單株重之影響結果顯示, 沼渣有機肥組之生長表現優於市售有機肥商品 A 及 B; 而對小白菜單株重之影響結果亦顯示, 添加 0.5%濃度沼渣有機肥組優於市售商品 A。另外從施用比例來看, 添加 5%仍有利於萵苣作物生長。未來可考慮再與其他農業剩餘資材(例如: 植物渣粕等)當堆肥調整材, 提升沼渣有機肥肥份, 更有利於作物生長之應用。

圖表

表 1. 本實驗資材肥分及本實驗試製所得之沼渣有機肥肥份表

種類	PH (1:5)	EC (dS/m)	有機質 (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	Pb (ppm)
沼渣	6.9	1.6	91	1.5	1.3	0.2	1.7	0.6	61	272	0.3	2.8	3.0	1.0
廢菇包	7.1	1.8	87	2.1	2.8	0.3	3.1	1.1	87	313	0.6	7.4	6.1	1.5
沼渣有機肥	7.6	2.9	79	3.6	3.3	0.9	4.8	1.4	79	315	0.6	6.6	6.3	2.1

表 2. 添加不同濃度之沼渣有機肥及市售有機肥商品 A 及 B, 對萵苣及小白菜生育單株重之比較。

濃度(%)	萵苣單株重(g)			小白菜單株重(g)		
	沼渣有機肥	市售商品A	市售商品B	沼渣有機肥	市售商品A	市售商品B
0.5	15.21	9.80	10.63	22.56	20.44	17.11
1.0	12.08	12.67	11.84	22.85	17.94	19.73
5.0	11.97	12.31	10.92	22.72	19.62	20.57

參考文獻

1. 劉力仁, 2013, 環境與廢棄物 (四): 養豬業升級為綠能產業, 科技大觀園。
2. 朱盛祺, 2018, 有益微生物在水稻友善耕作之應用, 農業世界。
3. [Http://www.lifemisfertilizer.eu/en/](http://www.lifemisfertilizer.eu/en/)

壁報論文

不同毛豆栽培種對鎘吸收能力之研究

Studies on the cadmium absorption ability of different cultivars of vegetable soybean

毛壬杰¹ 黃裕銘² 黃政華² 黃瑞彰¹ 王聖善¹ 吳東鴻³ 林郁雯³

¹臺南區農業改良場 ²中興大學土壤與環境科學系 ³農業試驗所

*Email: jcmao@mail.tndais.gov.tw

摘要

近年來，農產品鎘濃度對人體健康的威脅，一直受到關注。毛豆是國人重要食用蔬菜之一，本研究的目的是探討毛豆栽培種對鎘的吸收能力。採用臺灣 21 個毛豆栽培種進行田間及水耕栽培試驗，田間栽培試驗毛豆種於有輕度鎘污染的農田，水耕栽培試驗則在養液添加 1.11 mg-Cd L⁻¹ 鎘濃度中種植，採收時植體分成根、莖、葉、豆莢、豆子等進行養份及重金屬分析；根圈土壤進行有效性養份與重金屬分析，結果顯示 21 個栽培種鮮豆鎘濃度與土壤有效性鎘濃度沒有相關性，但是栽培種的鮮豆鎘濃度與生物濃縮因子(BCF)有極顯著相關性，未來監測高風險農地毛豆栽培種的安全性可以提早在豆莢就進行採樣檢測，以縮短監測時程。此外，可以低鎘吸收之毛豆栽培種進行雜交育種可用於在高風險農地種植，而高鎘吸收的毛豆栽培種可應用於植生復育。關鍵字：毛豆、鎘、吸收能力。

前言

行政院衛生福利部針對國人日常生活飲食最大宗的食米及蔬果類作物，訂有重金屬限量標準以規範食米及蔬果類作物的鎘含量。而臺灣地區因為地質條件的不同，氣候條件的多樣性，以致土壤性質相當複雜及多變，因此，重金屬濃度符合土壤污染管制標準之農田，產出之食米、蔬果不符合食米或蔬果類作物重金屬限量標準的事件偶有所聞，為了提高上述高風險農地所作物之安全性，於土壤鎘濃度未達土壤污染管制標準，進行不同品種栽培試驗，以篩選低鎘吸收之品種，提供高風險農地選擇安全性較高作物品項之參考。

材料與方法

一、試驗地點：高風險輕度鎘污染試驗田及養液添加 1.11 mg-Cd L⁻¹ 鎘濃度的水耕栽培。二、供試毛豆栽培種：臺南改良場的 2 個、高雄改良場的 4 個及亞蔬中心的 15 個，編號 C1~C21，總共計 21 個毛豆栽培種。三、研究方法：田間試驗及水耕栽培試驗種植後進行採樣，分成根、莖、葉、豆莢及豆子五個部分進行分析。四、數據計算及分析：重金屬分析，及換算生物濃縮因子(bioconcentration factor, 簡稱 BCF)。BCF=蔬菜食用部位鎘濃度÷土壤鎘濃度，其中蔬菜食用部位濃度以鮮重(濕基)計算，土壤鎘濃度為王水消化鎘濃度(風乾狀態)。五、21 種毛豆栽培種基因檢測分析：利用簡單重複序列 (simple sequence repeat, SSR)，採用 13 個 maker 標誌進行 21 個毛豆基因檢測分析親緣關係。檢測時採集毛豆育苗二周左右幼苗期生長勢一致之個體嫩葉各一片，每個栽培種採集 8 重複進行基因檢測分析。

結果與討論

壁報論文

田間栽培試驗結果：田間試驗之土壤性質，pH 值為 6.63~7.54，EC 值為 0.04~0.28 dS/m，有機質為 1.47~1.97(%)，鎘濃度(乾基)為 0.65~1.68 mg kg⁻¹。不同毛豆栽培種之豆子對鎘累積能力的差異性相當大。BCF 分布為 0.049~0.244，在 21 種毛豆品種中，BCF 排列順序為：編號 C06>C19>C10>C15>C16>C21>C20>C17>C04>C03>C05>C01>C12>C07>C02>C08>C14>C13>C11>C9>C18。

水耕栽培試驗：豆子鮮重平均鎘濃度分布範圍為 0.875~1.967 mg kg⁻¹ 之間，排列順序依序為：編號 C19>C21>C15>C04>C03>C05>C18>C06>C17>C09>C02>C11>C16>C01>C12>C07。

田間栽培和水耕栽培毛豆鎘濃度間相關性：水耕種植在 21 個栽培種毛豆中只有 16 個栽培種有結豆子，無論毛豆乾重鎘濃度或濕豆鎘濃度田間栽培毛豆和水耕相關性不顯著，前者相關性 R²=0.0748, (p=0.305)，後者 R²=0.102, (p=0.229)。由毛豆不同部位的乾重及鮮重鎘濃度其田間栽培和水耕栽培濃度間沒有顯著相關性，可見，毛豆不同栽培種其植體吸收養分成分受植物根圈和土壤間的交互作用影響相當大。此結果顯示，要研究毛豆不同栽培種間鎘吸收能力水耕系統和土壤耕作系統不同，無法用水耕研究資料推論土耕現象。21 種毛豆栽培基因檢測分析結果：依照田間試驗 BCF 結果分成低鎘吸收能力、中鎘吸收能力、高鎘吸收能力三大群。未來可以利用低鎘吸收能力的 C18、C09、C11、C13、C14 作為高風險農地推廣種植的栽培種或進行雜交育種低鎘吸收的親本栽培種；反之，可評估利用高鎘吸收能力的 C06、C19、C10、C15、C16 作為植生復育的作物。

結論

由田間試驗發現具有低鎘吸收能力的栽培種前五名為編號 C18、C09、C11、C13、C14，具有高鎘吸收能力的栽培種前五名為編號 C06、C19、C10、C15、C16，發現其中低鎘吸收能力的栽培種種皮顏色主要為淡黃、淡綠或褐綠色，高鎘吸收能力的栽培種種皮顏色主要為褐、黑色等深色系的種皮的毛豆栽培種。本研究結果顯示，將來在評估毛豆重金屬鎘吸收的安全性，可以在毛豆生長到長出鮮嫩豆莢而豆子尚未成熟飽滿時，即可進行採樣分析豆莢中的鎘含量，超過標準時可提早進行剷除銷毀，無須等到毛豆飽滿成熟才進行採樣，可縮短高風險農地超標農產品監測採樣時間，提高監測的時效性。在對毛豆的基因檢測中使用的 13 微衛星標計與毛豆中的鎘累積調控基因座連鎖程度不足，或是相距甚遠，以這些微衛星差異進行遺傳歧異度分析或品種間的親緣評估，在高鎘吸收品系與低鎘吸收品系分群中，群內都有高、低鎘吸收的品系混雜在內，顯示這些標誌可能與鎘吸收能力的基因關聯相當薄弱。本研究所使用之微衛星資料目前只能用來進行遺傳多樣性 (genetic diversity) 的分析，未來如果與鎘吸收及累積表現的分析應該從新思考數量性狀基因座 (QTL mapping) 等分析策略。

參考文獻

1. 毛壬杰、黃裕銘。2018.不同毛豆栽培種對鎘吸收之研究.中興大學土壤環境科學系碩士論文。

壁報論文

應用遙測資訊協助判識影響水稻產量土壤限制因子之研究

Identification and Characterization of Soil Limiting Factors to Rice Yield through Remote Sensed Information

張郁婕、王依蘋、申雍

中興大學土壤環境科學系

*E-mail: aazxc03155@gmail.com

摘要

衛星遙測影像具有進行大面積快速調查的優勢，王(2010)研究根據 SPOT 衛星影像 GRN、RED、NIR 三波段，發展一套由衛星影像進行大面積水稻產量推估的技術，以及透過多年期產量空間分佈圖，規劃適當外埔試驗區土壤和植體採樣調查點，以判釋田間土壤限制因子的技術。王(2010)所發展的水稻產量遙測推估模式和判釋田間土壤限制因子之技術，結果顯示外埔土壤砂粒含量高的區域，氮肥淋洗損失大，一、二期作穀粒產量主要依局地淋洗損失程度而異。而若土壤中黏粒含量高，且氮肥施用過量，可能會因葉面積過多所產生之遮陰和呼吸消耗的影響，反而導致二期作產量較一期作減少。王(2010)將遙測技術與土壤特性分析結合，有效率的找出低產因子，進而可透過適當的田間管理規劃，達到維持高產、降低污染的目標。

前言

水稻為台灣地區最重要的糧食作物，其產量高低與農民收益息息相關，由於田間產量常有空間分佈不均的問題存在，農民往往期望能藉由大量施肥的方式來改善低產問題，然而該方式未必能增加產量，且未被作物吸收利用的肥料，會惡化環境生態、危害人類健康，因此研究影響產量因子，找出導致低產因素及其空間分佈，使能擬定合適的田區管理策略，是重要的議題。王(2010)運用遙測資訊獲取大面積田區歷年產量空間分佈資訊，找出穩定高產和低產區域的分佈位置，進而規劃採樣點進行土壤和植體的採樣與分析作業，將遙測資訊和實際採樣調查資料結合，應能判釋可能的土壤限制因子，並提供相關資訊給農民作為調整田間管理的策略，以達到增加(或維持最佳)產量及減少環境污染的目標。

材料與方法

王(2010)的試驗區位於台中縣外埔鄉 200 公頃的水稻田。研究利用樣區 2006 二期作~2009 年一期作六張孕穗期影像，獲取一、二期作穩定高產、平產與低產區域的分佈位置(圖 1)，並進而規劃適當的採樣點，進行植體與土壤的採樣分析(圖 1)，以判釋樣區內產量的主要限制因子並進行水稻生育調查(表 1)，可得知影響不同的產量構成要素。

壁報論文

結果與討論

表 1 顯示，不論一、二期作，產量高低顯著受單位面積粒數之影響，稔實率和千粒重雖不若單位面積粒數與產量呈現一致性的顯著差異，但高產區的稔實率和千粒重仍呈現較低產區為高的趨勢。表 2 顯示本研究樣區因土壤質地偏粗，氮肥淋洗損失大，穀粒產量主要依局地淋洗損失程度而異，因此本區應採用少量多施的施肥方式。在不影響產量但可減少氮肥污染的前提下，除建議全區的氮肥基肥施用量都應減少外，推薦追肥施用策略如圖 1。王(2010)研究結果指出，外埔研究樣區因土壤質地偏粗，氮肥淋洗損失大，一、二期作穀粒產量主要依局地淋洗損失程度而異。若土壤中黏粒含量高，且氮肥施用過量，可能會因葉面積過多所產生之遮陰和呼吸消耗的影響，反而導致二期作產量較一期作減少。根據研究結果，王(2010)建議本區應採用少量多施的施肥方式。在不影響產量但可減少氮肥污染的前提下，除建議全區的氮肥基肥施用量都應減少外，推薦追肥施用策略如(圖 1)所示。研究結果顯示，結合相關土壤特性分析，可有效率的找出低產因子，進而可透過適當的田間管理規劃，達到維持高產、降低污染的目標。

參考文獻

王依蘋，2010。應用遙測資訊協助判識影響水稻產量土壤限制因子之研究。國立中興大學土壤環境科學系博士論文。

表1 產量構成要素與產量分級間的統計

Year/Crop Season	Class No	Tillering Stage				At Harvest				
		Height cm	Weight g hill ⁻¹	SPAD value	Spikelets m ⁻²	Sterility rate %	1000-grain g	Straw weight g hill ⁻¹	Grain yield t ha ⁻¹	
2007/I	H 13	65.2a	28.1	40.1	44141a	92.9a	23.8a	42.1	9.7a	
	M 20	63.5a	29.7	39.7	32000b	90.2ab	22.8a	40.7	6.5b	
	L 10	58.9b	26.2	39.1	23719c	88.3b	20.9b	37.3	4.3c	
2007/II	H 15	109.6a	48.1a	38.1	35569a	80.5	24.4a	48.1a	6.9a	
	M 14	105.5ab	44.6ab	39.5	28334b	76.5	22.3b	44.6ab	4.7b	
	L 13	99.8b	41.0b	39.1	19681c	73.6	20.8b	41.0b	2.9c	
2008/I	H 14	66.5	18.6	40.5	44931a	94.0a	21.8	46.3	9.1a	
	M 19	69.4	18	39	32166b	91.8ab	20.9	43.8	6.3b	
	L 14	69.4	17.8	40.6	27203c	88.0b	19.8	42.6	4.6c	
2008/II	H 11	85.9	28.6a	38.5	29441a	92.2a	23.0a	NA	6.2a	
	M 28	90.1	34.7b	38.2	21401b	92.6a	22.1a	NA	4.3b	
	L 13	85.7	28.1a	38.9	19695b	87.5b	18.6b	NA	3.2c	
2009/I	H 13	70.5	25.4a	NA	46805a	87.4	23.2a	51.0a	9.3a	
	M 27	72.8	23.0ab	NA	40530b	88.2	20.6b	48.7a	7.2b	
	L 14	71.7	20.8b	NA	28539c	82.9	21.4a	41.8b	4.9c	

a: the first letter represents yield class in 1st cropping season, the second letter represents yield class upgrade (U), down grade (D), or remain at same grade (S) in the 2nd cropping season.

表2 一、二期作產量級別變化趨勢與土壤性質間差異

YCC	No	Sand		pH	EC	C			P	K	Ca	Mg	Fe
		%	%			%	%	%					
HS	6	71.8 a	11.7 a	4.8	1.04 b	1.52	0.16	58.2	75.5	602	215	591	
MS	28	67.5 ab	12.4 ab	4.9	0.84 ab	1.49	0.16	49.2	68	620	202	684	
LS	3	65.8 ab	13.4 ab	5.1	0.34 a	1.66	0.18	59.9	72.6	772	229	566	
HD	14	64.0 ab	14.4 ab	5	0.67 ab	1.53	0.17	57.9	58.8	572	183	665	
MD	6	62.1 b	17.2 b	5.2	0.49 a	1.49	0.17	64.2	60.5	605	218	653	
MI	7	67.5 ab	12.6 ab	4.8	0.98 b	1.43	0.17	44.3	74.6	619	213	581	
LI	8	67.0 ab	13.0 ab	4.9	0.56 ab	1.63	0.18	51.8	73.9	608	211	598	

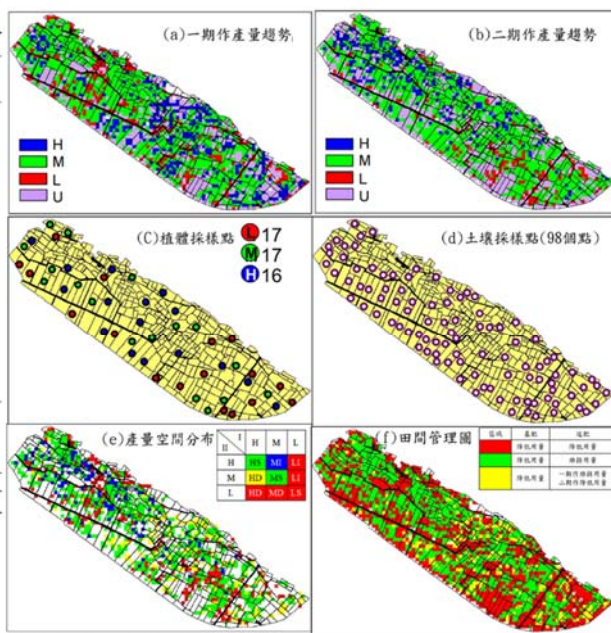


圖1 試驗田區各種狀態

壁報論文

灌溉量與氮肥量對草莓親株生長與走蔓增殖之影響

Effects of irrigation and fertilization on the growth of strawberry mother plant and reproduction of runner plant

吳添益*、蔡正賢

苗栗區農業改良場

*E-mail: tianyh@mdais.gov.tw

摘要

試驗結果得知採用中、高灌溉量，每棵親株產生走蔓數、子苗數及生質量分別為 5.3~5.4 條、27.1~41.8 棵及 8.78~9.22 公克。在氮肥用量方面，都隨氮肥用量增加其親株生育及生質量表現愈佳。依灌溉量低、中、高順序，其滲漏水比分別為 4.7~5.9 %、22.3~32.6 %及 41.3~43.0 %。從排水水質分析，得知電導度及氮、磷、鉀、鈣、鎂、鈉等濃度隨灌溉量增加而呈遞減現象，公頃排水量及排氮量則呈遞增現象。

關鍵詞：灌溉量；氮肥量；走蔓；草莓

前言

由於作物的水分生理、營養特性不同，生產期農業栽培的大氣環境不同，以及介質的性質也不相同，各種研究均相當迫切。本研究利用灌溉及肥培管理試驗，探討灌溉量與氮肥量對草莓親株生長與走蔓增殖之影響。

材料與方法

1. 參試材料:苗改介質:真珠石:蛭石(v/v；12:1:1)。品系:豐香(C1)香水(C3)。
2. 灌溉量處理:豐香區日平均灌溉量為 7.0mm (L)， 9.4mm (H)， 12.0mm (M)。香水區日平均灌溉量為 9.3mm (L)， 12.5mm (H)， 15.9mm (M)。
3. 氮肥用量處理為 100、200、400 及 800 kg/ha 等四變級。CRD 排列，三重複。
4. 調查項目:紀錄灌溉量、滲水量與水質分析:調查走蔓數、子苗數及生質量等。

結果與討論

試驗結果顯示三種日均灌溉量低、中、高順序，其滲漏水比分別為 4.7~5.9 %、22.3~32.6 %及 41.3~43.0 %。在排水水質分析得知，排水電導度及氮、磷、鉀、鈣、鎂、鈉等濃度隨灌溉量增加而遞減現象，公頃排水量及排氮量則呈遞增現象。親株走蔓繁殖調查，採用中、高灌溉量，每棵親株產生走蔓數、子苗數及生質量分別為 5.3~5.4 條、27.1~41.8 棵及 8.78~9.22 公克。在氮肥用量方面，都隨氮肥用量增加其親株生育及生質量表現愈佳，香水區表現優於豐香區。但在低灌溉量時，親株發生心燒比率隨氮肥用量增加而增高。

參考文獻

吳添益等。2018。草莓栽培苗期水介質養分整合管理技術之研究。苗栗區農業改良場 107 年度科技計畫研究報告(期中部分)。

壁報論文

表 1:試驗期間各區灌溉量暨排水量(mm)收支情形

採樣批次	給水天數	低(L)灌溉水量		中(H)灌溉水量		高(M)灌溉水量	
		C1	C3	C1	C3	C1	C3
七	64						
總排水量	mm	84.3	176.6	536.9	1,303.3	1,321.1	2,103.1
總灌溉量	mm	1,792	2,976	2,406	4,000	3,072	5,088
排漏水比	%	4.7	5.9	22.3	32.6	43	41.3

表 2:各灌溉區排水水質分析與排氮量情形(4月30日採集,灌溉7天)

區別	pH	EC dS / m	T-N	P	K	Ca	Mg	Na	排水量 ton / ha	排氮量 kg-N / ha
C3-L	6.91	3.951	327.6	174	635	184	95	247	246.7	80.8
C3-H	7.42	1.472	202.6	62	227	70	33	85	1,827.7	370.3
C3-M	7.41	0.955	121.4	35	143	43	20	56	3,664.4	444.8
C1-L	6.98	4.4	360.5	110	791	226	115	341	16.9	6.1
C1-H	7.04	2.87	218.5	142	692	101	65	290	531.8	116.2
C1-M	7.16	1.618	191.3	68	280	65	32	102	2,372.7	453.8

表 3:灌溉量對草親株生長及走蔓增殖情形(mm)

灌溉量處理	葉柄長(cm)	葉身長(cm)	葉寬(cm)	走蔓數(條/株)	子苗數(棵/株)	生質量(g/plant)	
L-7.0	9.5 a	8.1 a	8.2 b	4.6 a	19.1 b	7.33 b	
C-1	H-9.4	9.3 a	8.4 a	8.9 a	5.3 a	27.1 a	8.78 a
	M-12.0	9.5 a	8.2 a	8.8 a	4.9 a	18.8b	6.95 b
C-3	L-9.3	11.8 a	8.9 a	9.2 a	4.7 a	29.9 b	8.63 a
	H-12.5	11.0 b	8.7 a	9.2 a	4.9 a	40.2 a	8.72 a
	M-15.9	11.6 ab	9.2 a	9.7 a	5.4 a	41.8 a	9.22 a

表 4:氮肥用量對草親株生長及走蔓增殖情形(kg/ha)

氮肥處理	葉柄長(cm)	葉身長(cm)	葉寬(cm)	走蔓數(條/株)	子苗數(棵/株)	生質量(g/plant)	
A-100	8.9 b	7.8 b	8.2 b	4.6 a	22.1 a	8.33 a	
C-1	B-200	9.4 ab	8.1 ab	8.5 ab	4.8 a	22.4 a	8.48 a
	C-400	9.7 a	8.4 ab	9.0 a	5.1 a	22.7 a	7.17 b
	D-800	9.8 a	8.5 a	9.0 a	5.2 a	19.6 a	6.77 b
C-3	A-100	10.5 b	8.3 b	8.8 b	4.0 c	26.2 c	8.28 b
	B-200	10.9 b	8.5 b	8.9 b	4.8bc	36.1 b	8.76ab
	C-400	12.0 a	9.3 a	9.7 a	5.3ab	33.0bc	8.24 b
	D-800	12.5 a	9.5 a	10.1 a	6.0 a	53.8 a	10.14 a

壁報論文

以私稈全染色體置換系族群探勘鎘累積能力之定位研究

Mapping Study of Cadmium Accumulation Capacity through Two Panel of *Indica-Japonica* Whole Chromosome substitute line

吳東鴻^{*1}，杜沛蓉¹，吳佩真¹，許健輝²，林毓雯²，李長沛¹，賴明信¹

¹ 農業委員會農業試驗所作物組

² 農業委員會農業化學組

*E-mail: dhwu@tari.gov.tw

為系統性解析水稻各植體部位鎘累積能力相關遺傳資訊，利用全染色體置換系直接確認調控根系、莖部與糙米吸收與轉運能力的相關染色體，利於精細定位目標基因座，並作為評估日後輔助選育之導入效應，提升水稻低鎘累積能力之選育效率。在稈稻背景置換系上，台農 71 號置換系與台農 71 號相較之下，除了目前已知第 7 條染色體上已選殖定序主效基因座外，可見來自提供親 Habataki 的第 1、3 與 11 條染色體會促進鎘吸收能力，屬於莖部的轉運能力提升所致；而值得注意的是，Habataki 的第五條染色體帶有降低糙米鎘累積含量的對偶基因，是未來改良稈稻品種最佳候選基因座。在私稻置換系族群上，來自提供親台稈 2 號的第 8、10、11 條染色體上均有助降低鎘吸收能力的基因，其中第 10 與 11 條染色體上則從根部吸收能力便顯著下降，而第 2、4 與 5 條長臂染色體上，則是台稈 2 號存有在糙米上促進鎘累積的基因，其中第 2 與 5 條長臂染色體均從根部開始顯著提升鎘吸收能力，而第 4 條染色體則為莖部鎘轉運能力較高所致，除此之外，亦觀察到第 1 條長臂染色體的根部與莖部均顯著累積較多鎘元素，但糙米上未見顯著累積過多。在此 4 個親本中私、稈稻亞種間一致發現，在第 2 與 5 條長臂染色體上，存有來自私稻具有降低吸收能力的基因座，在第 11 條染色體上，則來自稈稻品系上具有降低鎘吸收能力的對偶基因，上述結果均有已知文獻所知創新成果。

關鍵字：土壤鎘污染、水稻育種、全染色體置換系

前言

台灣私稻栽培主要集中於中部稻作生產區，又與主要中、小電鍍廠分布相互重疊，然私稻較稈稻品種更易吸收轉運土壤中鎘物質，提高私米生產鎘超標的風險。為提升植體與糙米中鎘累積能力之選育效率，本試驗在現地田區針對成株期，評估全基因組相關調控染色體，作為植體累積能力 QTL 定位與 MAS 研究之先期評估試驗，以期降低國內水稻品種對於鎘元素累積能力。

材料與方法

壁報論文

私稈染色體置換系族群:利用 2 套私稈稻染色體置換系,分別係稈稻臺農 71 號 (TNG71) 為遺傳背景導入私稈 Habataki, 以及台中私 10 號 (TCS10) 私稈背景下置換為稈稻臺農 2 號, 均分別置換 1 至 12 號染色體並可涵蓋全基因組, 各置換族群且包含兩親本共 32 個品種(系)。

現地田間栽培與梯度監測:在台中后里試驗田區中,由左至右一系一行依序排列台農 71 號與台中私 10 號置換系, 並均勻等距取土樣, 建立該試驗田鎘元素梯度曲面, 隨後各植株均以此校正為生物含量因子(Bio-concentration factor), 作為各植體吸收能力之表現。

結果與討論

TNG71 染色體置換系族群中, 提供親 Habataki 不論根部、莖葉或糙米上的鎘累積程度均比台農 71 號高, 由台農 71 號置換系與台農 71 號相較之下, 除了目前已知第 7 條染色體上已選殖定序主效基因座外, 可見來自 Habataki 的第 1、3 與 11 條染色體會促進鎘吸收能力, 均屬於莖部的轉運能力提升所致。雖提供親屬於高吸收能力品種, 但從各染色體置換系糙米累積能力可見, 除了第二條染色體可能因弱勢基因造成植株矮小與生長弱化, 進而降低鎘元素在糙米上的累積外, Habataki 的第五條染色體帶有降低糙米鎘累積含量的對偶基因, 是未來改良稈稻品種最佳候選基因座。

TCS10 染色體置換系族群中, 台農 2 號各植體吸收能力均較台中私 10 號要低, 初步從糙米累積程度可見, 來自 TK2 的第 8、10、11 條染色體上均有助降低吸收能力的基因, 其中第 10 與 11 條染色體上則從根部吸收便顯著下降, 而第 2、4 與 5 條長臂染色體上, 則是 TK2 存有在糙米上促進鎘累積的基因, 而第 2 與 5 條長臂染色體均從根部開始顯著提升吸收能力, TK2 的第 4 條染色體則莖部轉運較高所致, 未來降低台中私 10 號糙米累積含量可依據上述結果外, 亦觀察到第 1 條長臂染色體的根部與莖部均顯著累積較多鎘元素, 但糙米上未見顯著累積過多。

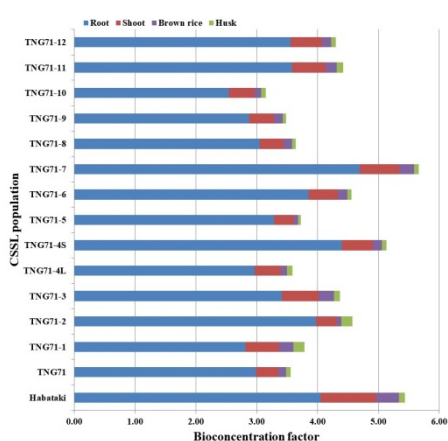


Fig. 1. Comparisons among each TNG71 CSSL with TNG71 for root, shoot and brown rice (n=6).

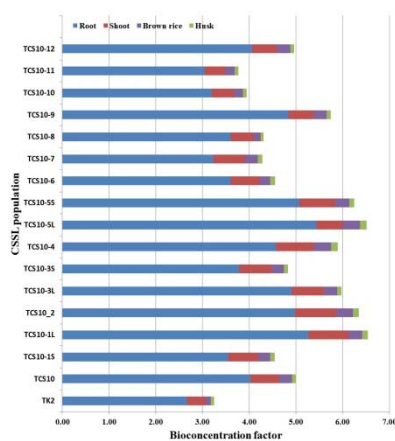


Fig. 2. Comparisons among each TCS10 CSSL with TCS10 for root, shoot and brown rice (n=6).

壁報論文

可溶性有機質-鐵氫氧化物共沉澱物移除六價鉻之機制

Removal Mechanisms of Cr(VI) by Dissolved Organic Matter-Fe(III) Co-precipitates

Kai-Yue Chen (陳楷岳), Yu-Ting Liu (劉雨庭)*, and Yu-Min Tzou (鄒裕民)*
Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University,
Taichung, Taiwan
yliu@nchu.edu.tw; ymtzou@dragon.nchu.edu.tw

Abstract

It is well-known that dissolved organic matter (DOM) and Fe hydroxides are important scavengers of heavy metals in soils. Despite this, little is known about the transformation of Cr(VI) and its correlation with the structures of DOM-Fe(III) co-precipitates (DFC). In this study, we aimed to examine the sorption and reduction mechanisms of Cr(VI) on DFC, prepared with various C/(C+Fe) molar ratios, through batch sorption experiments coupled with Cr K-edge X-ray absorption spectroscopy technique. The results showed that Cr sorption capacity increased with decreasing C/(C+Fe) molar ratios and pH values. The Langmuir model exhibited a good fit when the sorption data was obtained by interacting Cr(VI) with all DFC samples. Based on LCF results of Cr K-edge X-ray absorption near edge structure (XANES) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), the mechanisms of Cr(VI) on DFC could be grouped into two types: (1) Cr(VI) was the dominant species and the sorption of Cr(VI) was the important mechanisms when C/(C+Fe) ratios < 0.89 and (2) with C/(C+Fe) ratios \geq 0.89 in the DFC, Cr(VI) was reduced by DOM and the reductive product of Cr(III) was the major species as proved by the disappearances of the carboxyl groups on DOM based on the results of FTIR spectra. Collectively, the C/(C+Fe) molar ratio of 0.89 was an important boundary point, resulting in sorption or reduction mechanisms in the DFC. This study demonstrated that C/(C+Fe) ratios of DFC and incubation pH may play an important role of controlling Cr(VI) transformations and mobility in soils.

Keywords – *DOM-Fe(III) co-precipitates, Cr(VI), sorption, reduction*

Introduction

Chromium (Cr) is a pollutant commonly found in the environment due to inappropriate handlings and treatments of Cr-containing wastes from various industrial activities. Cr(VI) and Cr(III) are two major oxidation state of chromium existing in the ecosystems. Because Cr(VI) is a toxic and carcinogenic chemical with high mobility in soils, the conversions of Cr(VI) to less toxic Cr(III) by natural materials, such as dissolved organic matter (DOM), are an important process of eliminating its hazard or organisms. The DOM exists widely in the environments. The interactions of DOM with soil minerals are a common process, which can modify the

壁報論文

surface properties of soil minerals and control the reactions occurred in the interfaces of solutions and soil colloids. The DOM can also bind ferric ions (Fe(III)) to form stable coprecipitates in a slight acidic solution. The structures of the DFC were controlled by pH values and C/(C+Fe) molar ratios (Chen et al., 2014; Chen et al., 2016). The DFC may serve as a carrier or scavenger controlling the mobility and bioavailability of environmental inorganic pollutant of Cr(VI). However, the structural change and the reactivity of DFC upon reaction with Cr(VI) are still unclear.

Experiments

Soil samples were collected by the peat soil of central Taiwan. De-ionized water was used to extract DOMs from the peat soil, followed by passing the solutions through a 0.45 μm membrane filter. DFCs were prepared by adding Fe(III) to the DOM solution with C/(C+Fe) molar ratios of 0.62-0.94 and at pH 3.0-6.0. Interactions of Cr(VI) with the DFCs were then conducted for another 24 h and pH 3.0-6.0. The Cr-containing DFC were analysed by using FTIR, Cr K-edge XANES technique to study the functional groups of sorbed Cr and speciation of Cr.

Results and Discussions

As C/(C+Fe) molar ratios increased from 0.62 to 0.94, maximum sorption capacities (Q_e) of Cr on 3DFC, 4.5DFC, and 6DFC samples decreased from 51.8 to 9.6 mg g^{-1} , 17.2 to 5.8 mg g^{-1} , and 18.7 to 2.7 mg g^{-1} . For all DFC samples, the pre-edge absorption peak at 5993 eV became weaker as C/(C+Fe) ratio increased, suggesting the decreasing Cr(VI) proportion at Cr-DFC samples with greater C/(C+Fe) ratios. Transformations of Cr species on DFC samples after the Cr(VI) sorption were determined using the LCF analysis with Cr K-edge XANES data for Cr-DFC samples. Chromium(VI) dominated the Cr inventory on all DFC62 and DFC77 samples. However, up to 98.5% of Cr(III) was found for samples containing C/(C+Fe) ratio ≥ 0.89 . In our previous study, we found that the other peak of symmetric COO^- stretching at 1730 cm^{-1} appeared on pure DFC89 and DFC94 samples (without sorbed Cr) but not on pure DFC62 and DFC77 samples. The absence of the 1730- cm^{-1} peak implied the substantial association between carboxyl groups of the DOM and Fe during co-precipitation processes. After the Cr(VI) sorption, however, the peak at 1730 cm^{-1} on DFC89 and DFC94 samples also disappeared, implying the association between carboxyl groups of DOM and sorbed Cr(III).

References

- Chen, C., J.J. Dynes, J. Wang, and D.L. Sparks. 2014. Properties of Fe-organic matter associations via coprecipitation versus adsorption. *Environ. Sci. Technol.* 48: 13751-13759.
- Chen, K.Y., T.Y. Chen, Y.T. Chan, C.Y. Cheng, Y.M. Tzou, Y.T. Liu, and H.Y. Teah. 2016. Stabilization of natural organic matter by short-range-order iron hydroxides. *Environ. Sci. Technol.* 50: 12612-12620.

壁報論文

香菇太空包生物炭對肥料之養分保存潛力探討

Nutrient conservation of fertilizers using spent mushroom waste derived biochar

李雅筑、李鎮宇、許佩琪、陳世雄、劉瑞美*

嘉南藥理大學環境工程與科學系

*E-mail: mrmliou@mail.cnu.edu.tw

摘要

比較不同裂解溫度之香菇生物炭，結果顯示隨熱裂解溫度升高，生物炭之 H/C、O/C 與 (O+N)/C 值下降，顯示生物炭之芳香性增強，親水性和極性減弱。將生物炭添加至紅壤進行化學肥料淋洗，顯示生物炭添加對土壤中硝酸根及磷酸根有保留效果，且高裂解溫度與高添加量之生物炭具有較佳之養分保留效果，但生物炭添加則造成土壤中鉀離子淋洗現象更為嚴重。

一、前言

台灣每年香菇栽培太空包約有 18,500 萬包，若未能妥善處理此類廢棄物，將對環境產生負面影響。近年來，研究指出將農業廢棄物製成生物炭，其多孔、疏水與低密度特性能促進土壤構造、團粒穩定性與導水度；增加土壤中微生物活性及減少氮和養分淋洗損失(Dias et al., 2010; Jien et al, 2013)。台灣因高溫多雨使得土壤養分沖蝕會帶走細顆粒及養分，此現象與土壤質地及孔隙有極高相關性(Thomas et al., 1999; Polyakov and Lal, 2004)。本研究探討香菇太空包廢棄物於不同熱裂解溫度製成之生物炭，比較其元素組成與表面特性等，並將其添加於紅壤進行肥料淋洗試驗，以了解應用香菇太空包生物炭對土壤養分保存之潛力。

二、材料與方法

3. 收集香菇廢棄太空包(M)依熱裂解程序分別於(350、500 及 800°C)製成生物炭。
4. 生物炭之基本性質分析：酸鹼值、電導度、比表面積及元素組成。
5. 紅壤基本性質分析：土壤質地、酸鹼值、電導度及有機質。
6. 150 克紅壤中添加 0.1 克台肥 1 號即溶複合肥，分別添加 0.67、2 與 4 克不同生物炭(即 10、30 與 60 t/ha 施用量)進行土壤管柱淋洗試驗，連續模擬降雨淋洗 7 天，測定每日收集水量、水樣之硝酸根、磷酸根及鉀離子濃度，計算養分淋洗總量。

三、結果與討論

3. 生物炭基本性質

香菇廢棄太空包原料 pH 值為酸性，經過熱裂解後，酸性物質隨熱裂解程序逐漸揮發，於 500 與 800°C 下裂解製成之生物炭 EC 值明顯提高，且 800°C 下製成之生物炭比表面積可提高為 51.95 m²/g(表一)，生物炭的 O/C、H/C 及 (O+N)/C 有所變化，隨熱裂解溫度升高，生物炭的含碳量上升，N、H、O 含量下降，H/C、O/C 及 (O+N)/C 下降，顯示生物炭芳香性增強，親水性和極性減弱，可知熱裂解程序促成生物質形成更穩定之芳香族結構。

4. 土壤基本性質

試驗土壤為自嘉義民雄採集之紅壤，為陳厝寮系(Cce)、偏酸性之粉質黏壤土(表二)，後續以此土壤進行生物炭對土壤中肥料養分保存之評估，對有效提高植物生長及減少因

壁報論文

土壤淋洗造成的環境問題有所助益。

5. 添加生物炭對紅壤中化學肥料淋洗總量之影響

添加生物炭對化學肥料淋洗試驗如表三所示，與未添加生物炭(CK)之對照組相較，顯示添加生物炭可降低硝酸根與磷酸根淋洗總量，高溫裂解生物炭之保存效果較佳，且高添加量對硝酸根保存效果尤為顯著。然而添加生物炭則會造成土壤鉀離子淋洗總量升高，主要原因與生物炭具有較高鉀離子濃度有關，且隨添加量越多，鉀離子淋洗總量越高。

參考文獻

1. Dias B. O., C. A. Silva, and F. S. Higashikawa et al. 2010. Use of biochar as bulk agent for the composting of poultry manure : Effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource Technology*, 101 : 1239-1246.
2. Jien, S. H., J. L. Chiang, C. S. Wang, and H. J. Chang. 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena* 110:225-233.
3. Polyakov, V., and R. Lal. 2004. Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. *Environment International*. 30:547-556.
4. Thomas, A. D., R. P. D. Walsh, and R. A. Shakesby. 1999. Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the wet Mediterranean environment of northern Portugal. *Catena* 36:283-302.

表一、香菇生物炭之基本性質

Biochars	pH*	EC*(mS/cm)	SBET(m ² /g)	H/C	O/C	(O+N)/C
M	6.12	1.29	1.07	0.13	1.18	1.23
M350	9.25	0.82	0.65	0.07	0.50	0.50
M500	9.85	2.53	2.44	0.05	0.43	0.43
M800	10.06	2.89	51.95	0.02	0.31	0.31

*：pH、EC 樣品和水比(1：5，w/v)。

表二、紅壤的基本性質

Location	Soil series	Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	Texture	pH	EC(mS/cm)	OM(%)
1202721mE, 233306mN	Cce	28.2	41.0	30.8	SCL	5.66	0.21	3.8

表三、香菇生物炭對土壤淋洗肥料之硝酸根、磷酸根及鉀離子總量

Samples	NO ₃ ⁻ (mg)	PO ₄ ³⁻ (mg)	K ⁺ (mg)
CK	3.68± 0.08	3.32± 1.31	9.86±0.30
M350-10	2.97± 0.32	2.85± 1.08	10.14±0.10
M350-30	3.16± 0.14	3.07± 1.21	12.63±1.28
M350-60	2.94± 0.49	2.18± 0.73	16.61±0.99
M500-10	3.04± 0.03	2.76± 1.22	16.51±4.81
M500-30	2.52± 0.14	2.60± 1.29	12.54±1.10
M500-60	2.61± 0.06	1.90± 1.01	16.69±1.08
M800-10	1.75± 0.04	1.92± 0.66	10.68±0.24
M800-30	0.99± 0.14	1.26± 0.37	12.11±0.66
M800-60	0.56± 0.06	1.64± 1.17	16.43±1.09

壁報論文

施用雞糞生物炭、雞糞堆肥與兩者的混合物於酸性黏質紅壤中對土壤碳礦
化作用與小白菜(*Brassica Chinensis L.*)生長的影響

Effects of adding poultry litter biochar, poultry litter compost and their
mixture on soil carbon mineralization and growth of cabbage (*Brassica
Chinensis L.*) in acidic clayey-textured red soil

張瑀芳、蔡呈奇*

宜蘭大學森林暨自然資源學系

*E-mail: cctsai@niu.edu.tw

摘要

將雞糞墊料製成生物炭，是一種將雞糞墊料轉換成有附加價值土壤改良劑的方法。在臺灣，未來面對可耕農地面積遞減與酸性土壤遞增，以及禽(畜)糞無法有效減量的雙重困境，如何利用具有高石灰性潛能或高施用量的雞糞生物炭，以及雞糞堆肥，提升土壤生產力，讓農地能永續利用，是一個重要的研究面向。本研究將相同原料的雞糞生物炭、雞糞堆肥與兩者的混合物加入酸性紅壤中，利用土壤碳礦化孵育試驗及小白菜盆栽試驗，探討三者對酸性土壤中作物生長與土壤品質的影響與效益。初步試驗結果指出，累積碳礦化量(112 天)依序為雞糞堆肥、混合物與雞糞生物炭處理組，累積碳礦化量介於1000~2000 mg (kg soil)⁻¹之間，Control 最低(<500 mg (kg soil)⁻¹)；雞糞生物炭與雞糞堆肥混合物添加在酸性紅壤中，有效增進小白菜的生長與 P、K、Ca、Mg 與 Cu 的吸收。

關鍵詞：雞糞生物炭、雞糞堆肥、土壤碳礦化作用、紅壤

前言

具有高石灰性潛能的生物炭或高施用量的生物炭，可以透過校正酸性土壤的低 pH 值、增加土壤 CEC 和降低 H⁺、Al³⁺和微量營養素(例如 Mn)的毒性而有助於土壤生產力。這些都是克服酸性土壤貧瘠生產力所必需做的改變(Ritchey and Snuffer, 2002)。最近的一些研究表明，同時施用生物炭和堆肥可提高土壤肥力、水分吸持容量(water holding capacity)、作物產量和固碳效益(Agegehu et al., 2016; Schulz and Glaser, 2012)。Agegehu et al.(2017)提出生物炭-堆肥的施用將對貧瘠的土壤肥力和作物產量的即時經濟價值會產生實質性影響，因為生物炭-堆肥混合物有補充土壤中養分缺乏的潛力。另一方面，施用生物炭在中等肥力的土壤中，在養分和水分保持、作物生產力和碳吸存方面也可以是有效的。因此，本研究在典型的強酸性洪積母質紅壤土壤(平鎮土系)中，探討施用雞糞生物炭、雞糞生物炭-雞糞堆肥和雞糞堆肥對作物產量、土壤生物物理和化學性質的影響。

材料與方法

本研究以平鎮土系作為試驗土壤選擇，採集表土(0-20cm)做為試驗土壤。生物炭為在 400 °C 炭化之的肉雞糞(含墊料)(造粒後炭化)生物炭[慢速(30 min)，產率(wt%)-固體 64.27%/液體 28.08%/氣體 7.64%]，代號為 PI 400。雞糞堆肥為購買麗園農牧科技股份有限公司

壁報論文

生產之雞糞堆肥(雞糞+粗糠)，代號為 CO。一個批次的樣本包括 1 種土壤風乾與過篩後 (<2 mm)×3 種添加材料(PI400、PI-CO、CO)×1 種施用量(2%)，×3 重覆樣本，對照組(control)3 重覆樣本，雞糞生物炭(不混土與雞糞堆肥)3 重覆樣本(雞糞生物炭老化試驗)(代號 A-PI 400)，共計 15 個，三個批次共 45 個樣本。孵育試驗依 Zibilske (1994) 之方法測定碳礦化量。小白菜種植試驗與碳孵育試驗相似，一個批次的樣本包括 1 種土壤風乾與過篩後 (<2 mm)×3 種添加材料(PI400、PI-CO、CO)×1 種施用量(2%，相當於每公頃施用 40 公噸)×3 重覆樣本，對照組 3 重覆樣本，共計 12 個，三個批次共 36 個樣本。本研究目前提出內容為短期 112 天的土壤孵育試驗成果與一次小白菜的種植試驗結果。

結果與討論

A-PI 400 處理組的累積碳礦化量(112 天)高達 25,000 mg (kg soil)⁻¹，其次為 Compost、PI-CO 與 PI 400 處理組，累積碳礦化量介於 1000~2000 mg (kg soil)⁻¹ 之間，Control 最低 (<500 mg (kg soil)⁻¹)。一階動力模式(first-order kinetic model)分析指出有機碳可被礦化的潛在最大量(mg (kg soil)⁻¹)依序為 A-PI 400>PI 400>PI-CO>CO>Control，碳在土壤中的半衰期依序為 A-PI 400 (72 天)>Control (49 天)>PI 400 (16 天)>PI-CO (13 天)>CO(11 天)；二階指數模式(double exponential model)分析指出，C_i 與 C_r 分別代表不穩定(labile)與抵抗性(resistant)兩個部分土壤碳礦化的潛能，皆以 A-PI 400 處理組最高，其他依序為 CO>PI-CO>PI 400>Control (C_i)以及 CO>PI-CO>Control>PI 400 (C_r)；以低轉換率值(k_r)來計算最穩定的碳的半衰期(t_{1/2})，依序為 Control (1.02 yr)>CO (0.22 yr)>PI-CO (0.20 yr)~A-PI 400 (0.20 yr)>PI 400 (0.11 yr)。小白菜種植試驗結果，植體的鮮重與株長皆為 PI-CO>PI 400>CO>Control；植體養分含量分析中，N 含量為 CO>PI 400>PI-CO>control，P 含量為 PI 400>PI-CO>CO>control，K 含量為 PI-CO>PI 400>CO>control，Ca 含量為 PI-CO>CO>PI 400>control，Mg 含量為 PI 400>PI-CO>CO>control，Cu 含量為 PI-CO>PI 400>CO>control，Zn 含量為 PI 400>control>CO>PI-CO。雞糞生物炭與雞糞堆肥混合物添加在酸性紅壤中，有效增進小白菜的生長與 P、K、Ca、Mg 與 Cu 的吸收。

參考文獻

- Agegehu, G., A. K. Srivastava, and M. I. Bird. 2017. The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. *Applied Soil Ecology* 119:156-170.
- Agegehu, G., A. M. Bass, P. N. Nelson, and M. I. Bird. 2016. Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Sci. Total Environ.* 543:295-306.
- Ritchey, K. D. and J. D. Snuffer. 2002. Limestone, gypsum, and magnesium oxide influence restoration of an abandoned Appalachian pasture. *Agron. J.* 94:830-839. doi:10.2134/agronj2002.0830
- Schulz, H. and B. Glaser. 2012. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175:410-422.
- Zibilske, L. M. 1994. Carbon mineralization. In: Weaver R.W., S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai, and A. Wollum (eds.). *Methods of soil analysis, part 2.* American Society of Agronomy, Madison, Wis., pp 835-863.

壁報論文

以黏粒修飾電極法探討層面電荷對多巴胺電化學反應的影響

Clay-modified Electrodes for Use to Study the Effect of Layer Charge on Electrochemical Behavior of Dopamine

朱家瑩⁽¹⁾ 陳鴻基⁽¹⁾ 曾志明⁽²⁾ 郭冠億^{(1)*}

⁽¹⁾中興大學土壤環境科學系 ⁽²⁾中興大學化學系

Email : st096035511@gmail.com

摘要

酚類化合物普遍存在於土壤中，黏土礦物對酚類化合物的催化聚合與轉化反應常是土壤腐植質先驅物形成的關鍵，其對土壤的形成、物理化性質、生物性質及土壤肥力之影響扮演重要的角色。以不同黏土礦物修飾網版印刷碳電極 (SPCE) 搭配電化學方法對多巴胺等進行電化學分析，探討多巴胺與黏土礦物層面電荷間的交互作用關係。試驗結果指出，黏土礦物的同構代換會影響礦物結晶構造內的氧化還原狀態，影響電子在黏土礦物結構中的 $\text{Fe}^{2+/3+}$ 及以-OH 官能基質子化為橋樑的轉移速率，進而影響多巴胺在不同結晶構造與層面電荷之黏土礦物修飾電極表面所表現的電化學行為。利用黏粒修飾電極搭配循環伏安法的電化學分析能夠簡便迅速探討酚類化合物與黏土礦物層面電荷間的交互作用。

前言

多巴胺 (dopamine) 是酚類化合物的一種，酚類化合物廣泛地存在土壤中，其來源可來自於動物、植物之殘體分解，其中以鄰苯三酚 (pyrogallol)、鄰苯二酚 (catechol) 與對苯二酚 (hydroquinone) 為土壤中最普遍的酚酸物種，其也是土壤腐植物質先驅物中很重要的成分，在影響土壤形成、理化和生物性質與土壤肥力上扮演非常重要的角色 (Martin and Haider, 1980; Wang and Huang, 1986, 1989)。本研究目的乃欲探討有、無預氧化處理之網版印刷碳電極在修飾不同層面電荷之黏土礦物後，對多巴胺的偵測及多巴胺與黏土礦物之間的交互作用，期能作為未來對酚類化合物在土壤中之聚合與轉化研究上的基礎。

材料與方法

一、標準黏土礦物之來源與修飾電極用懸浮液的製備

試驗所用的黏土礦物皆採購自美國黏土礦物學會：高嶺石 (kaolinite, KGa-1)、坡縷石 (palygorskite, PFl-1)、水輝石 (hectorite, SHCa-1)、鈉蒙特石 (montmorillonite, SWy-1)、多鐵蒙特石 (ferruginous smectite, SWa-1) 及蛭石 (vermiculite, VTx-1)，取試驗用黏土礦物 0.05 g 置入 100 mL 去離子水中製成修飾電極所用之懸浮液。

二、黏粒修飾電極對多巴胺的電化學分析

壁報論文

以有、無預氧化網版印刷碳電極與六種黏粒修飾網版印刷碳電極作為工作電極，以 Ag/AgCl 作為參考電極，以白金絲作為輔助電極，將三電極系統置入 2 mM 多巴胺溶液中 (以 0.1 M NaCl 作為背景溶液)，利用電化學分析儀以循環伏安法在掃描速率為 50 mVs⁻¹ 及掃描範圍在 1.0 V 至 -1.0 V 下進行五圈循環掃描，記錄其循環伏安圖、陰極波峰電流量 (i_{pc})、陽極波峰電流量 (i_{pa})、陰極波峰電位 (E_{pc})、陽極波峰電位 (E_{pa})。同上步驟，進行 1 mM 多巴胺與 1 mM 鄰苯二酚共存溶液之電化學分析。

結果與討論

將經由預氧化處理後的 SPCE* 對多巴胺偵測之循環伏安圖顯示，氧化波峰電流量 (i_{pc}) 從 8.76 μ A 和 40.3 μ A 增大到 10.8 μ A 和 80.0 μ A。就電位來看， ΔE_{p1} 從 0.596 V 減少至 0.1 V， ΔE_{p2} 從 0.589 V 減少至 0.157 V。SPCE* 所測得之 ΔE_p 均比 SPCE 所測得的 ΔE_p 來的小，顯示波峰電位距離減少，且 SPCE* 所測得之氧化還原波峰形狀也較為尖形，表示有助於多巴胺與電極間的電子轉移，電極預氧化後電極表面所產生的官能基與多巴胺產生氫鍵，使得多巴胺更容易進行氧化還原，因此偵測到的電流量增大。

六種黏土礦物修飾預氧化網版印刷碳電極 (SPCE*) 對多巴胺偵測之電流量有明顯增大，顯示預氧化後，電極表面上產生的羰基和羥基對第二個莫耳電子轉移的影響大於第一個莫耳電子的轉移，更能促進第二個莫耳電子的轉移，顯示預氧化後 $\cdot O(OH)\Phi(CH_2)_2NH_2$ 與 $O_2\Phi(CH_2)_2NH_2$ 更容易進行氧化還原反應。SHCa-1 是六種黏土礦物中屬於三八面體結構且層面電荷導源於八面體層的膨潤石類，其四面體層中具有 Fe^{3+} 取代 Si^{4+} 的同構代換，會影響黏土礦物結晶構造中電子的轉移和電場效應，顯示是由於電子在黏土礦物結晶構造中的轉移效應。影響電子轉移速率的原因主要是影響到黏土礦物結晶構造中電子跳躍環境之拓樸結構，其會影響參與電子轉移之黏土礦物結構中的 $Fe^{2+/3+}$ 與 $-OH$ 官能基質子化橋梁的存在。

結 論

六種黏粒修飾預氧化網版印刷碳電極對多巴胺所偵測到的氧化還原波峰電流量都明顯大於六種黏粒修飾網版印刷碳電極，且預氧化後電極表面上產生的氧化層會促進多巴胺氧化反應中第二莫耳電子的轉移大於第一莫耳的電子轉移。不同結晶構造與層面電荷之黏土礦物確實會影響不同化學結構之酚類化合物在電化學行為上的表現，且利用黏粒修飾電極搭配循環伏安法的電化學分析能夠探討了解不同酚類化合物與黏土礦物間的交互作用關係有其應用之價值。

參考文獻

朱家瑩、陳鴻基、曾志明。2015。以黏粒修飾電極法探討層面電荷對多巴胺電化學反應的影響。土壤與環境 18：1-17。

壁報論文

不同氮肥等級下水稻植體元素狀態監測技術之建立

Establishment of monitoring technology for element content of rice based on the different nitrogen fertilizer rates

林汶鑫¹、鄭春發¹、張芳瑜²、林素汝¹、苗志銘¹、胡智傑^{2,*}

1 屏東科技大學

2 農業委員會高雄區農業改良場

*E-mail: HuCC@mail.kdais.gov

摘要

水稻(*Oryza sativa* L.)為臺灣最重要之糧食作物。本研究以無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)搭載高光譜儀器及手持可見光譜儀，經由肥料試驗規劃的方式收集相關光譜資料，並透過植體元素成分分析，研擬針對全台種植面積最大之水稻品種台南 11 號，以及台灣南部的指標水稻品種高雄 145 號，建立營養元素狀態監測技術。初步研究結果指出，利用非破壞性可見光譜資料以及 NDVI 進行植體營養元素狀態的預測模式建立確實可行。利用可見光譜及標準化植被指數(normalized difference vegetation index, NDVI) 在 N 及 P 元素的確可達有效的監測。而在 K 元素監測上，僅利用可見光譜可獲得有效的監測。期望在未來，透過平價的 UAV 或手持式設備，適時、適量且適地的進行合理化施肥作業，除降低生產成本之外，亦提升稻米品質、維護環境、維持土地地力，與環境為善等好處。

關鍵詞：水稻、UAV、光譜資料、NDVI、預測模式

前言

氮素是水稻重要的營養元素之一，但由於農家常超量使用化學肥料，間接增加生產成本，並容易造成米粒蛋白質含量升高、食味品質變劣等問題。此外，更容易造成水稻倒伏與病蟲害問題，造成環境的污染、土壤的酸化，以及物理性質硬化。過去，國內外對於水稻之肥培管理大多利用水稻葉片顏色進行診斷與管理，其工具主要為：(a)葉綠素計(SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter)；(b)葉色板(菲律賓國際稻米研究所)。雖然葉片色澤呈現濃綠，SPAD 讀值也會隨之上升。但當氮肥施用過量時，葉色讀值則無法持續上升，並且單葉片測量氮素無法準確反應整個植株的營養狀態(羅，2010)。而葉色板操作的最適時機、對比時的光線反射，以及操作的使用者，都會影響葉色判讀的準確性(羅，2010)。近年來，研究人員亦利用遙測光譜或高光譜技術評估田區的狀態，估計植冠的氮素含量(Inoue *et al.*, 2012)。但光譜資料的正確性容易因低解析度以及土壤環境背景因素而干擾，並且需搭配影像系統輔助評估。然而，由於儀器較為龐大，且價格高昂，因此較不易於田間使用。因此，本研究欲採用平價、容易攜帶之可見光譜測定儀，以及無人

壁報論文

飛行載具(UAV)，探討應用可見光譜及 NDVI 作為植體元素營養狀態的非破壞性監測技術。以期能降低勞力付出，增加偵測幅員，即時獲得植體營養狀態的評估。

材料與方法

本研究使用行政院農業委員會高雄區農業改良場(簡稱:高雄場)提供之台南 11 號及高雄 145 號水稻品種進行不同施肥等級之試驗,其施肥等級分別為 70、140、210、280kg/ha,並於 2017 年分別將田區設置於高雄場及新園鄉之慣性施作試驗田區,於穗肥施用前後進行植體取樣及光譜資料蒐集。光譜資料則為手持式可見光譜測定儀(HR350,Taiwan Hipoint corporation)測量 360nm - 760nm 之光譜資料,以及利用四軸多旋翼 UAV 搭載 Sequoia 傳感器獲取多光譜資料後,計算 NDVI 數值。植體元素分析則是利用硫酸分解後以感應耦合電漿原子發射光譜分析儀(ICP-OES) (ULTIMA2, HORIBA, JAPAN)進行分析。而元素狀態預測模式則分別利用線性回歸(linear regression, LR)及主成分回歸(principal component regression, PCR)建立。

結果與討論

台南 11 號可見光譜資料確實隨著不同肥料施用等級而有所不同。而利用 PCR 建立之各項營養元素的預測模式結果,以 Cu、K、Mg、Mu 的預測效能為最佳,N、C、P 次之。高雄 145 號之 NDVI 與植體各項營養元素的相關係數結果,以 N、P、Mg 與 Na 具有相關性,其斜率參數亦呈現顯著。如上述結果,可見光譜及 NDVI 在 N 及 P 元素的確可達有效的監測。而在 K 元素監測上,僅利用可見光譜可獲得有效的監測。

由初步試驗研究結果可知,利用非破壞性可見光譜以及 NDVI 資料建立水稻植體營養元素狀態的監測模式確實可行,惟需選用適當之模式,及確保資料的可應用性。此外,UAV 在掛載光譜設備時,其飛行穩定性、定位能力、現地環境的可操控性,以及光譜感測元件的敏銳性、光譜資料的即時利用性等,均影響 UAV 在農業監測上可應用性的深度及廣度。因此,在未來試驗規劃中,將針對上述描述之問題逐一檢視,期望透過平價的 UAV 或手持式設備,可適時、適量且適地的進行合理化施肥管理,並具有維護環境、維持土地地力,與環境為善等好處。

參考文獻

- 羅正宗。2010。水稻葉色值於良質米栽培管理之應用。台南區農業專訊 72:12-15。
- Inoue, Y.,E. Sakaiya,Y. Zhu, znd W. Takahashi (2012) Diagnostic mapping of canopy nitrogen content in rice based on hyperspectral measurements. Remote Sensing of Environment 126: 210-221.

壁報論文

兩種土壤添加不同粒徑生物炭量對小白菜生育評估

Evaluation of the Growth of *Brassica campestris* L. with Different Biochar Addition in Two Soils

張耀聰*、王瓊慧

行政院農業委員會高雄區農業改良場，副研究員、助理

*E-mail: ytc@mail.kdais.gov.tw

摘要

本研究主要探討小白菜在強酸性及鹼性土壤中，添加不同粒徑生物炭與施用量對其生育影響進行評估，由試驗結果可知，小白菜在 2 種不同土壤中定植 30 天後，以強酸性土壤的平均單株重高於鹼性土壤。強酸性土壤中以生物炭粒徑小於 2 mm 單株產量顯著高於對照組，另外 $2\text{ mm} < \psi < 7\text{ mm}$ 及 $7\text{ mm} < \psi < 10\text{ mm}$ 粒徑和對照組無顯著差異；生物炭粒徑小於 2 mm 的 3 種添加量，以 4 % 的產量顯著高於 2 % 和 6 %。在鹼性土壤，3 種粒徑的生物炭處理與對照組產量無顯著的差異，不同炭添加量也是相似的結果。

關鍵詞：小白菜、生物炭、不同粒徑

前言

生物炭 (biochar) 為生物質 (biomass) 經由限氧狀況下高溫熱裂解炭化所形成的固態物質，其富含碳素、礦物質 (灰分) 及生物穩定性，施用於土壤中可將炭蓄存，減少大氣中二氧化碳濃度，並能提供部分微生物碳源。生物炭具多孔性、比表面積大，表面有大量負電荷及高電荷的特性，能形成帶電載體，吸附大量無機離子，增加土壤保肥能力，提高肥料利用率。將生物炭應用於改良土壤性質，可提高作物產量。熱帶果樹矮化或產期調節，均會產生大量廢棄枝條，一般以就地粉碎掩埋處理，但仍有露天燃燒情況發生，易造成空汙及殘體分解後，碳又回歸大氣中。若將果樹修枝殘體炭化，施用於農田土壤再利用，可達到固碳及資源再生循環，因此本研究將修枝殘體製成生物炭，評估在 2 種不同性質土壤中，施用不同生物炭量下對小白菜生育的影響。

材料與方法

1. 生物炭：芒果枝條經 700°C 燒製，並經過篩分為粒徑 $< 2\text{ mm}$ 、 $2\text{ mm} < \text{粒徑} < 7\text{ mm}$ 及 $7\text{ mm} < \text{粒徑} < 10\text{ mm}$ 三種。2. 供試土壤：酸性土壤及鹼性土壤兩種。3. 炭的添加量 (W/W)：2 %、4 % 和 6 %。4. 試驗作物：小白菜 (*Brassica campestris* L.)。5. 處理方式：生物炭和土壤混合均勻後倒入五吋盆中，每一處理 10 重複，每重複定植 2 株小白菜，以種子播種育苗兩週後定植栽培於溫室，栽培過程中不施用肥料，於定植 30 天採收進行產量調查。

壁報論文

結果與討論

由試驗結果可知，小白菜在 2 種不同土壤中定植 30 天後，以強酸性土壤的平均單株重高於鹼性土壤（圖 1），主要兩者之間土壤肥力差距所影響。強酸性土壤中以生物炭粒徑小於 2 mm 單株產量顯著高於對照組，另外 2 mm < ψ < 7 mm 及 7 mm < ψ < 10 mm 粒徑和對照組無顯著差異，此部份藉由土壤分析可了解，當生物炭粒徑越小，對於土壤 pH 改良效果越佳，相對也提升了土壤中之肥力；生物炭粒徑小於 2 mm 的 3 種添加量，以 4 % 的產量顯著高於 2 % 和 6 %。在鹼性土壤，以生物炭粒徑小於 2 mm 情況比較，顯示添加量越多，對於作物鮮重產量有促進作，但與對照組間，並未因添加生物炭而有明顯成長，而 3 種粒徑生物炭添加處理與對照組產量無顯著差異，不同炭添加量也是相似的結果。由以上結果可推測，生物炭添加於鹼性土壤中，對於小白菜作物，並無明顯促進生長，但對強酸性土壤確實可達到部分改良效果，且炭粒徑小於 2mm 以下，4% 添加量效果最為顯著。

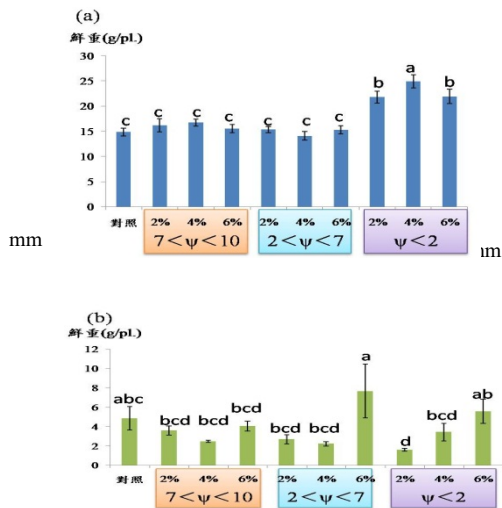


圖 1. 添加不同粒徑和施用量生物炭的小白菜平均單株鮮重(a)強酸性土壤及 (b) 鹼性土壤

表 1. 2 種土壤添加不同粒徑生物炭和施用量肥力變化分析

處理	pH	OM %	mg kg ⁻¹										EC dS m ⁻¹
			P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Na		
CK(強酸性)	4.16	4.08	126	77	307	26	114	22	2.5	3.2	3.5	0.08	
7 < ψ 2%	4.14	4.13	120	107	240	20	110	23	2.3	2.7	6.1	0.08	
< 10 4%	4.17	4.00	126	111	290	24	117	23	2.4	2.8	4	0.08	
mm 6%	4.16	4.06	131	88	299	25	114	23	2.4	2.8	3.4	0.09	
2 < ψ 2%	4.11	4.17	128	84	262	23	110	22	2.4	2.9	3.2	0.07	
< 7 4%	4.25	4.22	129	101	377	33	120	27	2.4	3	4.5	0.07	
mm 6%	4.43	4.06	126	145	454	40	119	29	2.4	3.5	6.7	0.11	
$\psi < 2$ 2%	6.12	4.98	143	1157	2285	214	142	55	3.2	5.5	42	0.39	
4%	6.65	6.19	141	2506	4054	382	142	71	3.8	7.7	82	0.76	
mm 6%	7.06	6.92	141	4838	5224	558	154	74	4	10	118	1.22	
CK(鹼性土)	7.84	1.17	36	381	7162	333	328	203	1.7	7.7	109	0.79	
7 < ψ 2%	7.76	1.25	43	560	6845	378	351	221	1.8	8.9	198	0.98	
< 10 4%	8.06	1.05	40	538	6758	325	343	216	1.8	8.4	100	0.63	
mm 6%	7.96	1.26	41	741	7055	400	345	211	1.7	8.5	167	1.05	
2 < ψ 2%	7.85	1.05	35	486	7074	337	339	208	1.7	8	95	0.74	
< 7 4%	8.19	1.12	34	624	6985	317	332	210	1.8	8.7	78	0.71	
mm 6%	7.90	1.33	39	607	7094	374	337	204	1.7	9.2	145	0.82	
$\psi < 2$ 2%	8.21	1.47	33	705	6890	336	320	199	1.8	8.7	104	0.71	
4%	8.27	1.80	39	851	7024	380	335	197	1.7	9.6	163	0.84	
mm 6%	8.44	2.41	36	1154	7102	384	338	191	1.7	10	164	0.94	

參考文獻

Lehmann, J., 2007. A handful of carbon. Nature 447, 143–144.
 Lehmann, J., Joseph S., 2009. Biochar for environmental management: science and Technology, EarthScan, London. pp416.

壁報論文

STICS 模式對台灣中部地區結球萵苣模擬效果之評估

Testing the lettuce model in STICS on the Simulation of Iceberg Lettuce in Central Taiwan

陳柱中*、劉宇宸、劉滄琴

行政院農業委員會農業試驗所

Email: ccchen@tari.gov.tw

摘要

結球萵苣為我國主要之外銷作物，良好的產期與產量預估技術，決定生產排程與供貨之穩定度，本研究導入 STICS 模式中之萵苣模式，在結球萵苣產區調查不同種植時間下之生育情形，以作為結球萵苣在不同氣候條件下之生育資料。利用田間調查資料建立萵苣模式之本土化參數，並評估該模式於台灣環境之可行性。模擬與實測比對結果顯示，模式對於葉片數與葉面積之模擬結果良好，接近採收期之葉乾重與莖乾重有低估之情形。整體而言，該模式在不同之氣候條件下可提供穩定之模擬結果，值得進一步針對個別參數進行測試並收集更多田間資料進行驗證。

關鍵字：作物生長模式、結球萵苣、生長模擬

前言

結球萵苣為我國主要之外銷作物之一，傳統之排程皆使用田間經驗之生育日數，結球萵苣之採收期係以結球大小以及紮實度而定，生質量之累積受溫度、日射量、水分與養分影響極大，僅考慮累積溫度尚無法提供理想之預估結果。機制型之作物生長模式係利用作物與環境間之數值關係，分析作物生育發展、光能利用與土-作物-大氣間之質量平衡，因此機制模式較統計模式能適應更廣泛之環境，提供穩定且具有生理意義之模擬結果。STICS 模式為法國國家農業技術研究院 (INRA) 所開發之機制模式，該模式在氣象與管理資料之輸入具有較大之彈性，結球萵苣產業之溯源資料即可滿足模式之需求，因此，本研究利用田間調查資料建立參數本土化，評估該模式在結球萵苣產區之模擬可行性。

材料與方法

選用 STICS (8.5 版) 之萵苣模式進行模擬，輸入檔案包括土壤、氣候、管理、作物參數與初始條件。於基肥施用前採集表土樣本分析化學性質，於種植期間或種植後，依據剖面分層採集土壤樣本分析各層次之質地、總體密度與飽和導水度。產地氣候使用農業雲系統之氣溫。施肥與灌溉等田間管理資料來自於生產者之田間紀錄。分析結球萵苣種苗作為模式中之作物初始條件。部分作物生長參數使用田間調查資料直接換算，無法

壁報論文

直接計算之參數則以直接調整數值觀察模擬值求取最適值。

從 2017 年 10 月開始，於雲林縣麥寮鄉結球萵苣產區進行生育調查，從移植後每 10 至 20 天進行一次樣本採集，每坵塊採集 7 個樣本。樣本採回後分為莖與葉，計算全株葉片數，以 LI-3100 葉面積分析儀量測全株葉面積，烘乾後分析乾重。

結果與討論

比較不同指標對於評估結果得比較，葉面積與葉片數之模擬與實測結果相近，葉乾重之模擬結果次之，莖乾重之模擬結果與實測結果差異最大(表 1)。個別坵塊之模擬結果，則呈現除 1 月 24 日移植之坵塊，其他 3 坵塊之模擬之葉片數與實測值接近。葉面積之實測結果與模擬結果接近，在大部分的田區皆顯示葉面積模擬結果略高於實際模擬結果。而接近採收期之葉乾重與莖乾重有低估之情形，顯示模式對於乾物質的累積有低估情形。整體而言，各個移植時間之不同環境條件下，STICS 模式皆能以相同之作物參數提供相當之模擬結果，顯示該模式具有在臺灣之環境進行萵苣生長模擬之能量。但仍須針對作物參數進行調整，並收集更多田間資料進行驗證。

表 1. 葉片數、葉面積、葉乾重與莖乾重之評估結果。

Source	RMSE	ME	D	EF	Slope	R ²
Leaf number, no. plant ⁻¹	4.06	-1.45	0.96	0.87	0.73	0.92
Leaf area, cm ² plant ⁻¹	1430.11	-278.05	0.91	0.70	0.79	0.72
Leaf Weight, g plant ⁻¹	6.54	2.87	0.84	0.60	0.53	0.74
Stem weight, g plant ⁻¹	0.50	0.17	0.79	0.53	0.43	0.66

Root mean square error (RMSE), mean error (ME), Willmott's index of agreement (D), modeling efficacy (EF), slope and R2 value from linear regression

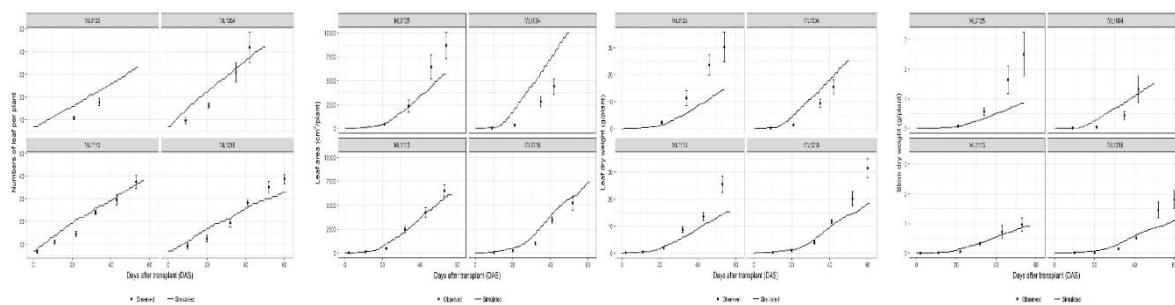


圖 1. 萵苣之葉片數、葉面積、葉乾重、莖乾重之觀測及模擬值。

壁報論文

應用鏈黴菌管理番茄萎凋病

黃政華 王至全* 江俞緹

中興大學土壤環境科學系

摘要:

本研究自土壤和栽培介質樣品中篩選出 234 株放線菌，與 *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* 和 *Meloidogyne incognita* 進行拮抗測試，挑選出對 FOL 抑制效果最好之菌株 CHA297 以及對 *M. incognita* 拮抗效果較好的四株菌株 CHA477、CHA489、CHA509、CHA514，經鑑定皆為鏈黴菌屬並進行後續試驗。在盆栽試驗中，CHA297 防治番茄萎凋病試驗結果顯示，預先接種 CHA297 能有效降低番茄萎凋病之罹病率達 69%，同時也能使介質中 FOL 族群密度從 2.2×10^4 CFU g⁻¹ 降低至 1.0×10^3 CFU g⁻¹。

前言:

番茄具有豐富的營養價值且經濟價值高，為全球重要的蔬菜作物之一。然而由尖孢镰胞菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 所引起的萎凋病，使得產量和品質降低，造成每年嚴重的經濟，再加上現今人們過度施灑化學藥劑，導致對於環境和人體健康產生負面效應，故促成微生物製劑的發展日益受到重視，其中鏈黴菌不僅具有抗生物質，還能以水解酵素、超寄生、養分競爭、誘導抗病等機制拮抗植物病原菌，且能分泌植物生長激素、載鐵物質等促進植物生長，其為常見的生物防治菌屬之一。

目的:

本研究自土壤樣品中篩選具有拮抗萎凋病菌之鏈黴菌株，評估其在病害之情況下之防治效果及開發成微生物製劑之潛力

材料與方法:

(1) 供試鏈黴菌之來源與純化

自台灣各地區採集之土壤樣品，以連續稀釋塗抹法 (serial dilution spread method) 於澱粉酪蛋白培養基、腐植質維生素培養基、酵母麥芽糖萃取物培養基和幾丁質培養基篩選所得

(2) 番茄萎凋病菌株之來源與篩選

由國立中興大學植病系鐘文鑫教授所提供，挑針挑取單一孢子並培養於馬鈴薯葡萄糖瓊脂平板培養基。

(3) 供試植株來源

供試寄主番茄農友 301 號 (*Solanum lycopersicum*) 由農友種苗公司購得

結果與討論:表一、番茄接種 CHA297 對番茄萎凋病罹病率與罹病度之影響

處理	罹病度 (%)	Disease index
BK	0 c‡	1 C
Fol	100 a	4.2 A
A-F†	31.32 b	1.5 C
A=F	94.06 a	2.8 B

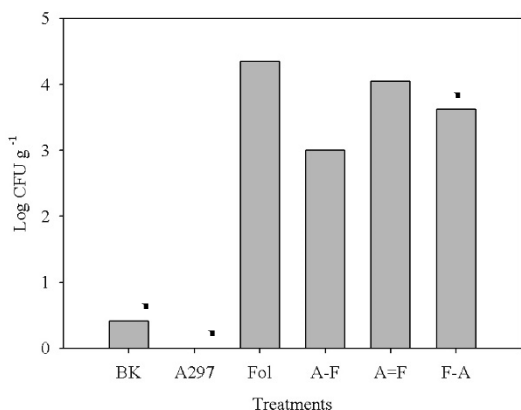
壁報論文

F-A	95.51 a	3.8 AB
-----	---------	--------

表十說明: (一) CHA297 對番茄萎凋病之防治效果

為瞭解菌株 CHA297 菌液施用時機對於番茄萎凋病防治效果之影響，試驗處理分為第一天先接種鏈黴菌第四天接種番茄萎凋病 (A-F)、第四天同時接種番茄萎凋病和鏈黴菌 (A=F)、第四天接種番茄萎凋病第七天接種鏈黴菌 (F-A)、單獨接種番茄萎凋病 (Fol)、單獨接種鏈黴菌 (A297) 以及未接種菌之對照組 (BK)。試驗結果顯示(表十)，A-F 處理罹病度僅為 31.3%，與 Fol 處理之 100% 罹病度相

比達顯著差異 ($P < 0.05$)，而 A=F 與 F-A 之處理發病率分別為 94.1% 與 95.5%，與 Fol 處理並無顯著差異。由結果得知，若預先接種菌株 CHA297 可以有效抑制番茄萎凋病的發生，而同時接種及後接種菌株 CHA297 則無法降低番茄萎凋病之罹病度。Weller 等人曾提到，根部病害之生物防治成功與否在於有益微生物於根圈的競爭能力 (Weller, 1988)。而越早接種有益微生物其在根圈存活率會越高，因此預先接種 CHA297 相較於同時接種和後接種來說，菌株有更充分的時間定殖於根圈環境中，繼而達到保護之罹病度。



圖一、接種 CHA297 對介質中 FOL 族群數量的影響



圖二、番茄接種 CHA297 與 FOL 後之生長情形

結論:

以 鏈黴菌 CHA297 防治番茄萎凋病盆栽試驗結果，預先接種 CHA297 能有效降低番茄萎凋病之罹病率，且能降低介質中 FOL 族群密度。

壁報論文

評估不同原料製成生質炭對鎘、鉻吸附之影響

Evaluation of the influence of different feedstock materials on sorption of cadmium and chromium by biochars

塗安玉、池哲宇、莊愷璋*

嘉義大學農藝學系

*Email: kwjuang@mail.ncyu.edu.tw

摘要

生質炭表面所存在之礦質鹽類沉積物及官能基等特性，被認為在土壤污染物的吸附中具有潛力。而生質炭對於污染物的吸附行為會受到原料、熱裂解溫度及過程等原因造成吸附行為的改變。本文針對三種材料分別為甘蔗生質炭(SB)、茶葉生質炭(TB)及咖啡生質炭(CB)，探討不同原料的生質炭性質差異以及其對於重金屬鎘、鉻吸附行為的影響。結果顯示三種生質炭的 pH 值由鹼至酸分別是 $CB > TB > SB$ ，其中 CB 的酸性及鹼性官能基的含量皆為三種生質炭中最多的，不同的原料間在其表面礦質鹽類含量中存在差異。官能基及生質炭表面沉積物皆會影響生質炭對鎘(Cd)及鉻(Cr)吸附的影響。在吸附試驗中，CB 在三種生質炭中對 Cd 及 Cr 的吸附能力較佳。

關鍵字：生質炭、鎘、鉻、吸附

前言

生質炭(biochar)是在限氧的環境下將生物質加熱經由不完全的燃燒過程製成的產物。早期是亞馬遜河流域的居民以火耕的方式促進了當地耕作的土壤性質改變，形成黑土現象(Terra Preta)，提升作物生長，而使此現象漸漸受到關注(Novak *et al.*, 2009)。由於生質炭含碳比例高、結構穩定、高孔隙度、表面積等性質，被認為在環境變遷、土壤改良及農業生產促進方面具有應用潛力。此外，生質炭的性質被認為在污染整治上也有其應用性，目前已有相關研究顯示生質炭的芳香族碳結構，經氧化後會形成帶負電的表面官能基如羧基(carboxyl group)；另外，具高度氧化的有機物吸附於生質炭表面也會提供帶負電的官能基(Lehmann *et al.*, 2005)，炭表面官能基所帶的電荷有利於重金屬離子或有機污染物的固定(Cao *et al.*, 2009)。另外，部分研究指出生質炭上附著的鹽類或氧化物會促使重金屬被固定，進而降低其有效性(Trakal *et al.*, 2014)。本文將探討不同生質炭之間的性質差異以及其對重金屬 Cd、Cr 吸附的影響。

材料與方法

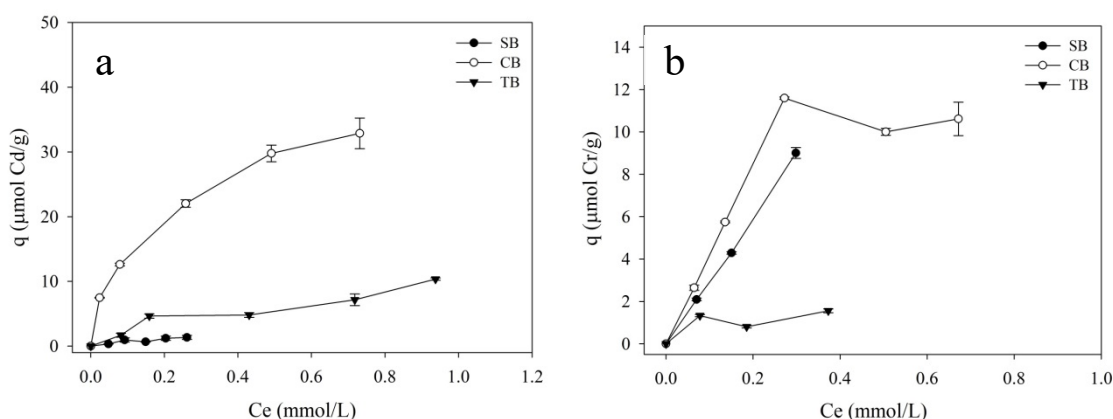
將糖廠製糖後殘存的廢棄甘蔗渣以及連鎖飲料店使用後所廢棄的茶葉渣與咖啡渣作為原料，以 350°C 進行 90 分鐘的高溫裂解製成生質炭。生質炭會測定其表面性質、官能基分佈和 CEC 等特性，並比較生質炭之間的差異性。接著，將三種生質炭樣本進行對鎘(Cd^{2+})和鉻($Cr_2O_7^{2-}$)離子的等溫吸附試驗，並以 Langmuir 等溫吸附方程式進行模擬

壁報論文

分析。

結果與討論

甘蔗渣、咖啡渣及茶葉製成之三種生質炭，其基本性質頗具差異性。甘蔗生質炭(SB)及茶葉生質炭(TB)屬於偏酸性的生質炭，其 pH 值分別為 4.81 和 5.62；而咖啡生質炭(CB)的 pH 值則為 7.13。TB 的陽離子交換容量是 $38.5 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ，而 CB 及 SB 的數值則分別約為 TB 的 2 倍及 4 倍。為了解生質炭表面官能基分布而使用 Boehm 滴定分析酸鹼官能基，而在三種生質炭中 CB 含有最多的酸性及鹼性總官能基含量。接著，將三種生質炭對重金屬 Cd、Cr 進行等溫吸附試驗(圖一)，發現 CB 對 Cd、Cr 吸附量較 SB、TB 高，表示咖啡生質炭對於重金屬吸附相較於另外兩種材料具有較高的潛力。



圖一、甘蔗生質炭(SB)、咖啡生質炭(CB)及茶葉生質炭(TB)之 Cd (a)、Cr (b)等溫吸附曲線。

參考文獻

Cao, X., L.Q. Ma, B. Gao, and W. Harris. 2009. Dairy manure-derived biochar effectively sorbs lead and atrazine. *Environ. Sci. Technol.* 43:3285-3291.

Lehmann, J., B.Q. Liang, D. Solomon, M. Lerotic, F. Luizao, J. Kinyangi, T. Schäfer, S. Wirick, and C. Jacobsen. 2005. Near-edge X-ray absorption fine structure (NEXAFS) spectroscopy for mapping nano-scale distribution of organic carbon forms in soil: Application to black carbon particles. *Global Biogeochem. Cycle* 19: 1013.

Novak, J.M., I. Lima, X. Baoshan, J. W. Gaskin, C. Steiner, K. C. Das, M. Ahmedna, D. Rehrach, D. W. Watts, W. J. Busscher and H. Schomberg. 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annal. Environ. Sci.* 3: 195-206.

Trakal, L., D. Bingöl, M. Pohořelý, M. Hruška and M. Komárek. 2014. Geochemical and spectroscopic investigations of Cd and Pb sorption mechanisms on contrasting biochars: Engineering implications. *Bioresour. Technol.* 171: 442-451.

壁報論文

不同土壤添加磷對蕹菜中鎘化學型態的影響

Effect of phosphorous treatment on chemical form of cadmium in water spinach grown in different soils

顏妤珊¹、林俊銘²、賴鴻裕^{1*}

¹ 中興大學土壤環境科學系

² 明道大學精緻農業學系

E-mail: soil.lai@nchu.edu.tw

摘要

本研究使用台灣中部地區主要四種土系表土進行盆栽試驗，土壤以人工添加的方式配製成鎘污染土，再添加磷至足夠作物的等級，以探討提升土壤有效磷對於鎘的化學型態之影響。研究結果顯示，添加磷會促進種植在萬合及二林兩土系蕹菜之生長。與對照組比較，磷處理土壤會讓所種植蕹菜鎘的累積性及由根往地上部的傳輸增加，而添加磷的處理更能讓蕹菜可食用部位中的鎘貯存於毒害較低的化學型態。

關鍵字：鎘、化學型態、磷、蕹菜

前言

重金屬污染土經過整治後，即便土壤中重金屬濃度符合土壤污染管制標準，但部分農民在這些土地上種植作物，依然種植出累積高濃度重金屬之作物。透過添加磷到土壤中可以增加植物體的陰離子，如磷酸氫根或磷酸二氫根等物種，這些物種會和鎘產生吸附、錯合或是沉澱，或是讓鎘在植物的細胞壁及液泡中形成磷酸鎘、磷酸氫鎘等化合物，進而降低鎘的移動性及對於植物之毒害。因此本試驗希望透過提升土壤中的有效磷濃度，進而改變植物體中鎘的化學型態，期望能降低鎘在蕹菜可食用部位的累積濃度。

材料與方法

選擇用中部地區四種主要土系進行試驗，分別為萬合(Wanho, Wa)、二林(Erhlin, Eh)、太康(Taikang, Tk)及員林(Yuanlin, Yu)土系，首先將四種土系之土壤的鎘全量濃度提升至 2.5 mg kg^{-1} ，而磷的處理包含不添加磷之對照組及添加磷處理(以+P表示)，磷處理則添加磷酸鉀將土壤的有效磷濃度(Bray No.1)增加至 10 mg kg^{-1} 。再將各土系取 3.0 kg 之鎘土裝入試驗盆，每盆種入八顆蕹菜種子，並埋入根圈土壤水分採樣器，採集土壤溶液。

蕹菜於播種後第 28 天採收，採收時進行各項生長表現的量測，如發芽數、葉綠素含量、根長、株高、鮮重及乾重。將新鮮植物體分為地下部及地上部，並進行鎘的化學型態的分析，上述化學型態包含：(1)無機型態(F_E)，(2)水溶型態(F_W)，(3)果膠酸及蛋白質隔離型態(F_{NaCl})，(4)不可溶磷酸鹽錯合型態(F_{HAc})，(5)草酸錯合型態(F_{HCl})及(6)殘餘型

壁報論文

態(F_R)，其餘植體則經烘乾後進行鎘全量濃度分析。盆栽試驗後的土壤則進行 pH 值、電導度、鎘全量濃度及有效磷濃度分析。

結果與討論

由於土壤本身基本性質不同，添加磷到不同土系中，蕹菜會有不同的生長表現，在 Eh 土系中添加磷會增加發芽率及植物乾重，而 Tk 土系中添加磷則會降低蕹菜的生長表現，其餘土系則無顯著差異。

化學型態除了受植物及重金屬種類的不同會有所改變外，也會因為添加磷而改變其存在的型態，從本次試驗結果發現，根部 W_{a+P} 及 $Tk+P$ 及地上部 $Tk+P$ 、 $Eh+P$ 及 $Yu+P$ 處理下鎘的主要化學型態為 F_E 及 F_W 的形態下降，顯示磷的添加會使鎘在這些土系蕹菜中的移動性降低，而 Eh 土系因添加磷後使 F_{NaCl} 、 F_{HAc} 、 F_{HCl} 、 F_R 型態的百分比降低，提升鎘在蕹菜中的移動性。本試驗結果與 Yin et al. (2016) 相同，在對鎘累積能力高的菠菜品種，地上部及根部都會累積較高的鎘濃度，而在對鎘累積能力低的品種，其 F_{HAc} 、 F_{HCl} 及 F_R 的百分比皆比高累積能力品種高，因此本研究所使用的蕹菜品種可能為高累積鎘能力之品種。

參考文獻

Yin A., Z. Yang, S. Ebbs, J.G. Yuan, J.B. Wang, and J.Z. Yang. 2016. Effects of phosphorus on chemical forms of Cd in plants of four spinach (*Spinaciaoleracea* L.) cultivars differing in Cd accumulation. Environ. Sci. Pollut. R. 6:5753-5762.

壁報論文

檸檬酸對磷酸根從水合鐵礦-腐植酸共沉澱物上釋出之影響

Phosphate release from ferrihydrite-humic acid coprecipitates as affected by citric acid

曹芳瑀、鄒裕民*、劉雨庭、廖志浩

中興大學土壤環境科學系

*E-mail: ymtzou@dragon.nchu.edu.tw

摘要：

磷是植物三大必要元素之一，然而磷在土壤中常被鐵鋁氫氧化物固定，其中包含常見之弱結晶性的水合鐵礦，造成其在土壤中的有效性及移動性皆很低，因此常仰賴磷肥的施用以供植物所需。環境中水合鐵礦常與有機物質（例如；腐植酸）共沉澱，其可能影響磷和水合鐵礦之間的作用進而影響磷的有效性。在缺磷環境下，植物會分泌小分子有機酸（例如：檸檬酸、草酸），其可藉由配位基交換或是溶解鍵結在礦物表面的磷。本實驗的研究目的為先探討小分子有機酸-檸檬酸在水合鐵礦-腐植酸共沉澱物(FH-HA)上的吸持作用，進而在探討檸檬酸對於磷酸根在 FH-HA 上吸持的影響。研究果顯示，不同加入順序的檸檬酸和磷酸根對磷酸根在 FH-HA 上的吸附結果有明顯差異，先加入檸檬酸再加入磷酸根(C-P)至 FH-HA 下磷酸根的吸附量約只有磷酸根在 FH-HA 上最大吸附量的 50%，比先加入磷酸根再加入檸檬酸(P-C)下的磷酸根吸附量(約最大吸附量之 80%)明顯低許多；而共沉澱物中腐植酸的比例越高磷酸根的吸附量也會有些微下降的趨勢，都有助於磷酸根有效性的提升。

前言：

磷在土壤中能被植物利用的型態主要以 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} 為主，然而磷的利用率十分低，施於土壤中的磷肥約只有 15~20% 能被植物吸收利用，大部分的磷會被固定在土壤中。另外，有機物質對於磷酸根在鐵鋁氧化物上的吸持也有很大的影響，例如：有機物質會在鐵鋁礦物表面上形成鍵結，藉此佔據了磷酸根的吸附位置，造成礦物對磷酸根的吸附能力下降

根圈土壤中，植物在缺磷的情況下也會有其因應的機制，特別是櫟根作物在缺磷的情況下，會藉由釋放小分子有機酸，例如；檸檬酸、草酸，來提升土壤中磷的有效性，使作物可以利用的磷酸根提高，這些小分子有機酸通常為帶有羧基之羧酸。在過去的研究中都針對這些有機酸提升土壤中有效性磷的效果作探討，對於有機酸是利用何種機制影響磷酸根的研究缺乏。

材料與方法：

壁報論文

1. 腐植酸之萃取:萃取至陽明山上天然火山土壤。
2. 吸附實驗: 固定固液比 1.5g kg^{-1} ，每管離心管先加入含有 0.045 克水合鐵礦-腐植酸共沉澱物的懸浮液，再加入檸檬酸和磷酸根(KH_2PO_4)。加入的量分別參考檸檬酸和磷酸根的最大吸附量(檸檬酸加入 1000 mmol kg^{-1} 、磷酸根加入 2250mmol kg^{-1})，皆控制於 pH5.5、溫度 25°C 的環境下。
3. 加入順序:分為 C-P(先加入檸檬酸等溫吸附 42 小時，再加入磷酸根吸附 42 小時)、P-C(先加入磷酸根，再加入檸檬酸吸附)、S(同時加入檸檬酸及磷酸根，等溫吸附 42 小時)。
4. 磷酸根濃度測定:採用鉬藍法，再藉由分光光度計測定其濃度。

結果與討論：

圖一為加入最大吸附量的磷酸根和檸檬酸至水合鐵礦-腐植酸共沉澱物後之磷酸根和檸檬酸的吸附量結果，分為三種加入順序，可以看出檸檬酸的加入順序對於磷酸根吸附量的影響，結果顯示 P-C 之磷酸根吸附量約達到最大吸附量的 80%，而 C-P 的磷吸附量約不到 50%，S 則介於中間，顯示為提升磷的有效性先加檸檬酸(C-P)去佔據磷酸根的吸附位置會比後加入檸檬酸(P-C)藉由配位基交換或是競爭吸附(S)還要來的有效。

若從共沉澱物中不同腐植酸的比例來看，共沉澱物中腐植酸比例的增加會使得磷酸根的吸附量大致上呈現下降的趨勢，可能的原因有腐植酸會去佔據磷酸根吸附在鐵礦上的位置或是腐植酸的存在下鐵的溶出量會上升而造成能吸附陰離子位置下降使得吸附量跟著下降。

表一為 FH-HA 只單獨加入檸檬酸或磷酸根的最大吸附量後的鐵溶出量，檸檬酸會造成 FH-HA 些微溶出，導致鐵氧化物表面的鐵緩慢溶出(Earl et al., 1979; Jones et al., 1996; Kirk et al., 1999)，故檸檬酸在水合鐵礦-腐植酸的共沉澱物上吸附時也會造成鐵的溶出，間接造成吸附量的影響，而磷酸根幾乎不會使 FH-HA 溶出鐵。

結論：

磷酸根和檸檬酸的加入量為最大吸附量時，檸檬酸的加入順序對於磷酸根吸附的影響顯著：先加入檸檬酸後加入磷酸根(C-P)會使磷酸根的吸附量顯著下降，C-P 的磷酸根吸附量約只有最大吸附量的 50%，但 P-C 的磷酸根吸附量可高達 80%；而腐植酸的比例越高磷酸根的吸附量也會有些微下降的趨勢，都有助於磷酸根有效性的提升。

參考文獻：

曹芳瑀。2017。檸檬酸對磷酸根從水合鐵礦-腐植酸共沉澱物上釋出之影響。國立中興大學土壤環境科學系碩士論文。

殺菌劑在環境中的持久性研究

A QSAR study on the persistent of fungicides in the environment

Len Chang and Chia Ming Chang*

Department of Soil and Environment Sciences, National Chung Hsing University

*E-mail:abinitio@dragon.nchu.edu.tw

Abstract

The main purpose of this study was to investigate the persistence of fungicides in the environment. QSAR using four reactivity indicators was constructed to predict the degradation rate constants. Both polarization and chemical potential affect degradation in soil. While the maximum electrophilic condensed local softness is the most important descriptors. This approach provides a basis for interpreting chemical interactions between fungicides and environment.

Keywords: Fungicides, Persistent, Quantitative structure–activity relationships (QSAR)

Introduction

In agricultural production, humans often use pesticides to ensure stable production. As a matter of fact, they are persistent toxins that accumulate in food and are at high risk to ecosystems and human health (Willett, et al., 1998). Besides, the pesticides have a potential to leach to lower soil horizons if degradation in the soil is slow. Monkiedje and Spiteller (2002) investigated the sorptive behavior of phenylamide fungicides. In their study, adsorbed fungicides were not firmly retained by soil particles, and their adsorption was reversible. Previous studies on pesticides reported that soil colloids could affect degradation and persistence (Khan, 1978). For these reasons, the current study investigates the impact of the electronic characteristic on the persistence of fungicides by setting up the QSAR models.

Materials and methods

The k_{soil} values were calculated from the half-life of the literature (Tanji and Sullivan, 1995). The calculations were performed using the Gaussian 09 software package. Initial geometries of fungicides molecular were optimized at the Austin Model semi-empirical level and without symmetry constraints. Statistical analyses were conducted by using IBM software (SPSS Statistics, Armonk, New York).

Results and discussion

The multiple regression results for fungicide degradation rate in soil is listed in Table 7. The scatter plot (from Equation 5~8) is shown in Figure 2.

Through partition, hydrophobic fungicides uptake by soil organic matter more than others hydrophilic. As soil organic matter extract fungicides in the soil solution. Thus, the partition is the main mechanism of fungicides in the soil degradation (Senesi, 1992). The hydroxyl groups

壁報論文

(-OH) and carboxyl groups (-COOH) of fungicides appeal to the -COOH of humic acids. Thereby reducing hydrolysis activation energy (Choudhry, 1984). Due to the greater polarity of water, clay surface is surrounded by water rather than fungicides. Hence, the main reason why the persistence of fungicides rises is that it adsorbed by organic colloid (Bailey and White, 1964).

Conclusions

Results of this QSAR study theoretically confirm the interactions between fungicides and environment. Utilize these models to investigate the mechanism of persistence is appropriate. Fungicides contain N heterocycles result in increasing persistence. Mechanism of degradation in soil is affected by the covalent bond and van der Waals' force. Fungicides interact organic colloid by the covalent bond.

References

Bailey, G.W. and J.L. White. 1964. Soil-pesticide relationships, adsorption and desorption of organic pesticides by soil colloids, with implications concerning pesticide bioactivity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 12: 324-332.

Choudhry, G.G. 1984. Humic substances. Structural, photophysical, photochemical and free radical aspects and interactions with environmental chemicals Gordon & Breach Science Publishers, Inc.

Khan, S.U. 1978. Kinetics of hydrolysis of atrazine in aqueous fulvic acid solution. *Pest Management Science* 9: 39-43.

Monkiedje, A. and M. Spiteller. 2002. Sorptive behavior of the phenylamide fungicides, mefenoxam and metalaxyl, and their acid metabolite in typical Cameroonian and German soils. *Chemosphere* 49: 659-668.

Senesi, N. 1992. Binding mechanisms of pesticides to soil humic substances. *Science of the Total Environment* 123: 63-76.

Tanji, K.K. and J.J. Sullivan. 1995. Qsar analysis of the chemical hydrolysis of organophosphorus pesticides in natural waters. University of California Water Resources Center.

Willett, K.L., E.M. Ulrich and R.A. Hites. 1998. Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers. *Environmental Science & Technology* 32: 2197-2207.

Table 7. The multiple regression results of physical-chemical properties and quantum four-element models for fungicide degradation rate in soil.

Eq. Multiple regression equation	R ²	R _{adj} ²	SD	F	N	R _{cv}
5 $\ln k_{obs} = -0.012(\pm 0.004) * MP - 0.715(\pm 0.275) * \log Kow - 0.375(\pm 0.206) * \log S - 7.857(\pm 1.595)$	0.538	0.452	1.133	6.214	20	0.311
6 $\ln k_{obs} = -0.009(\pm 0.003) * MP - 0.55(\pm 0.216) * \log Kow + 0.283(\pm 0.139) * X - 0.652(\pm 0.257) * S - 10.995(\pm 1.13)$	0.636	0.539	1.039	6.548	20	0.292
7 $\ln k_{obs} = 1.452(\pm 0.271) * r - 22.222(\pm 11.011) * \mu - 14.311(\pm 1.197)$	0.629	0.585	1.032	14.386	20	0.488
8 $\ln k_{obs} = 1.770(\pm 0.268) * r - 40.852(\pm 12.455) * \mu - 27.522(\pm 12.527) * \mu - 0.365(\pm 0.175) * O - 20.266(\pm 2.729)$	0.749	0.682	0.903	11.192	20	0.535

The values in parentheses are 95% confidence intervals associated with each coefficient.

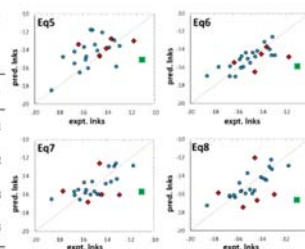


Figure 2. The scatter plot for the experimental versus predicted values of the fungicides degradation rate in soil.

壁報論文

根圈氧化鐵對水稻穀粒無機砷累積之影響

王泰崴¹、朱莉嘉¹、許健輝²、莊愷瑋^{1*}

¹ 嘉義大學農藝學系

² 行政院農業委員會農業試驗所

* kwjuang@mail.ncyu.edu.tw

摘要

水稻是台灣主要糧食作物之一，但引用含砷之地下水灌溉農田會造成稻米食用安全上的風險。水稻藉由根系的輻射狀釋氧(Radial oxygen loss)在根表釋出氧氣，能夠在根表及根圈土壤形成氧化鐵，截留土壤中的砷並降低水稻對砷的吸收，然而不同品種水稻仍存在砷吸收上的差異。本研究以嘉義民雄受砷污染之農地土壤做為盆栽土壤，並選用 21 種台灣良質米之品種，探討不同品種的氧化力差異及穀粒的砷累積的關係。試驗結果發現，鐵膜與根圈之砷鐵比值與穀粒砷濃度呈正相關，表示當根表鐵膜截留愈多的砷，穀粒的無機砷濃度也會愈高。水稻品種中，TKN3 及 KH147 在鐵膜的砷截留能力較強，穀粒無機砷濃度為所有品種中最高的；而 TN11 及 TNG77 在根圈的砷截留能力較強，穀粒無機砷濃度較低；同時也發現 TC192 及 TD30 在比值較低時仍有較高的穀粒無機砷濃度，從結果能夠得知為氧化力較弱所導致。因此，砷鐵比值能夠作為判斷穀粒無機砷濃度的依據，但仍需注意不同品種在根圈及鐵膜的截留能力強弱，才能達到選擇安全水稻品種之目的。

前言

環境中的無機砷為第一級致癌物，對人體有致癌的風險，飲用受污染之地下水及食用受砷污染之食物為人類暴露砷的主要途徑，水稻作為台灣主要糧食作物之一，其穀粒的砷累積在食品衛生法規上也愈來愈受到重視。台灣部份地區引用含砷地下水進行灌溉，造成農田砷污染。在浸水狀態下，水稻根表的輻射狀釋氧會在根表及周圍土壤形成氧化鐵，其中根表氧化鐵又稱為鐵膜，已證實根表鐵膜具有降低水稻吸收土壤砷的能力(Liu et al., 2004)。因此，本盆栽試驗採集嘉義民雄之砷污染農地土壤做為試驗土壤，並選用 21 個台灣主要水稻栽培品種，以了解不同水稻品種的根表氧化力及穀粒砷累積的差異。

材料方法

試驗土壤及品種選擇:本試驗選擇嘉義民雄地區之砷高污染潛勢農地土壤作為盆栽試驗之用，並選用台灣 15 個梗稻品種及 6 個秈稻品種作為試驗之用。根圈土及根表之氧化鐵濃度及砷截留量測定: 盆栽土壤經風乾磨碎後，以 DCB 萃取法萃取後以原子吸收光譜儀(AAS)測定萃取液鐵濃度，以供評估不同水稻品種的氧化能力強弱；以感應式耦合電漿光譜儀(ICP)測定萃取液砷濃度，藉以估算根圈土與根表之砷截留量。穀粒砷

壁報論文

物種(有機、無機砷)測定:穀粒經研磨粉碎後，以 0.28M 硝酸於 95 下萃取 90 分鐘，過濾後以 HPLC-ICP-MS 分析砷物種濃度。

結果與討論

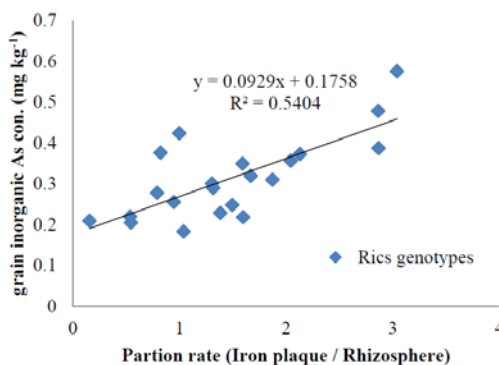
表一結果顯示，不同品種間根圈土砷鐵比與鐵膜砷鐵比的比值差異甚大(0.16~3.14)，比值低表示根圈土壤氧化鐵截留砷的效應較根表鐵膜強，如 TN11 及 TNG77，能夠有效固定土壤中的砷離子達到降低穀粒的砷累積；比值高表示根表鐵膜截留較多的砷，但在穀粒的砷累積較高，甚至超出衛服部的糙米無機砷濃度標準(0.35 mg kg⁻¹)，表示鐵膜阻隔砷的能力有限，其中以 TKN3 及 KH147 穀粒無機砷濃度最高。根圈土與鐵膜砷鐵比的比值與穀粒無機砷的相關性如圖一，結果顯示不同梗稻品種的砷鐵比比值與穀粒無機砷濃度呈正相關，然而 TC192 及 TD30 卻在低砷鐵比比值時有較高的穀粒砷濃度，從表一可以發現兩品種在根表及根圈土的砷鐵比都相當低，可能是導致穀粒砷累積較高的原因；在秈稻部分，穀粒無機砷濃度皆低於糙米無機砷濃度標準(0.35 mg kg⁻¹)。

表一、各水稻品種根表與根圈氧化鐵之砷截留量

Rice genotypes		IAS		
Type	Cultivar	Iron plaque	Rhizosphere	Partion rate
		mg As g ⁻¹ Fe		
Japonica	TK9	11.42	5.58	0.36
	TK14	5.77	5.55	0.18
	TK16	10.66	5.00	0.37
	TNG71	10.36	5.53	0.31
	TNG77	3.40	6.23	0.20
	TY3	12.57	4.38	0.39
	TC192	3.90	3.90	0.42
	TN11	1.01	6.38	0.21
	KH145	8.94	5.35	0.32
	KH147	12.33	4.30	0.48
	TD30	4.85	5.88	0.38
	HL21	7.16	5.18	0.23
	TKN1	5.82	6.14	0.25
	TKN3	8.04	2.64	0.58
Indica	TNGN73	9.23	5.80	0.35
	TNGS14	2.83	5.26	0.22
	TNGS22	5.23	6.61	0.28
	TCS10	6.93	5.26	0.29
	TCS17	7.40	5.67	0.30
	KHS7	6.27	4.19	0.25
	TCSN2	5.52	3.46	0.22

IAS=DCB extractable As / DCB extractable Fe

Partion rate = IAS_{plaque} / IAS_{rhizosphere}



圖一、水稻穀粒無機砷濃度與 PR 之相關性

參考文獻

Liu, W.J., Y.G. Zhu and F.A. Smith. 2004. Do iron plaque and genotypes affect arsenate uptake and translocation by rice seedlings (*Oryza sativa* L.) grown in solution culture? J. Exp. Bot. 55:1707-1713.

Huang, J.H., G. Ilgen and P. Fecher. 2010. Quantitative chemical extraction for arsenic sprciation in rice grains. J. Anal. At. Spectrom. 25:800-802.

壁報論文

肥料資訊系統行動版

A Portable Integrated Information System for Fertilizer

楊滿霞*、呂椿棠

行政院農業委員會農業試驗所作物組

E-mail:yhm@tari.gov.tw

本系統收集農糧署合法登記之肥料商品，透過行動裝置免費提供給農民使用，主要功能包含肥料查詢，肥料比較、肥料用量計算，農民可藉由本系統的功能，在施肥之前，依據農地肥力狀態及不同作物生育階段，進行施肥用量規劃建議，選用適當的肥料商品，可提高農民生產效率及收益。

首先介紹「肥料查詢」功能，查詢欄位包含肥料類別、肥料名稱、業者名稱、登記證字號、肥料品目、要素含量，查詢結果可依「要素含量(氮、磷、鉀、有機質、鈣、鎂)」高低排序顯示，且查詢結果列表，除了顯示肥料商品名稱，並於後方加註該肥料氮磷鉀含量百分比，利於使用者挑選適合之肥料商品，點選有興趣之肥料商品名稱，可查看該肥料商品之肥料類別、有效日期、業者名稱、登記成分、肥料品目、性狀資訊，倘對多筆肥料商品有興趣，可點選肥料商品名稱前方加號(+)，已挑選之肥料商品列將反灰，最多可選擇5種肥料商品，再點選右下角肥料比較清單確認表單後，即可進行肥料比較，並排的資料表格，使用者易於比較肥料商品間的差異，這些已挑選之肥料商品也可轉入肥料計算。

實際拜訪了解農民田間用肥規劃，相關知識除了長輩經驗傳承外，主要來自各改良場之農民講習內容，透過講習了解所耕種作物所需之氮、磷、鉀、有機質施用之推薦用量，但此知識到肥料實際施用操作面，對農民來說仍有計算操作上的門檻，包含換算不同農地面積，考慮不同肥料廠牌商品，到最後應施用的肥料包數，本系統肥料計算功能只需透過三個簡單的步驟：(1)設定所需要素用量(例如推薦用量)與農地面積(2)計算農地所需要素用量(3)計算所需肥料商品數量(包或袋)，可解決上述的肥料用量計算問題。特別一提，為因應農民配肥的習慣，本系統亦提供同時點選多筆肥料商品(配肥)，使用者可自行調整各肥料商品用量，計算出符合農地所需要素用量。

本系統位於作物優質生產整資訊平台左方列表有桌機版本之肥料資訊系統(<http://kiscrop.tari.gov.tw/kiscrop/index.aspx>)，於入口頁面右下角有行動版肥料資訊系統QRcode(圖1)可提供農民掃描於行動裝置上使用。桌機版本所揭露資訊較為詳細，且可提供肥料資訊下載功能，行動版本相對精簡利於行動裝置上查閱，本系統將持續更新肥料商品資料，目前共有7157筆肥料商品資料，合理化施肥為政府長期推行的政策，本系統可作為優秀之輔助工具免費提供農民使用。

圖1 肥料資訊系統QRcode，進入後請點選「肥料資訊系統」。



壁報論文

溫泉紅藻與鐵氫氧化物新型複合材料累積金屬之機制

Mechanisms of metals accumulation in innovative biocomposites with Cyanidiales and Fe hydroxides

卓宴琳¹、陳冠邦¹、許良境²、陳品辰³、劉少倫³、劉雨庭^{1*}

¹ 土壤環境科學系，中興大學，台中 402，台灣。

² 國家同步輻射研究中心，新竹，300 台灣。

³ 生命科學系，東海大學，台中 407，台灣。

E-mail: yliu@nchu.edu.tw

摘要

溫泉紅藻(Cyanidiales)是屬於少數可生長在極端高溫酸性環境中的微型藻類，然而，關於溫泉紅藻的生物多樣性及種群結構和親緣關係知之甚少，在目前的生態學僅分類為三屬七種。其中於台灣陽明山可發現溫泉紅藻的蹤跡，特別是土壤與岩石含鉛砷濃度特高的地熱谷，因此使溫泉紅藻成為具有除去重金屬污染的潛力材料，故本研究目的為建立溫泉紅藻對於鉛的吸附能力與機制外，並開發可同時對金屬具有累積與氧化還原能力之新型複合型材料，將溫泉紅藻與土壤普遍常見的鐵氫氧化物複合，分別進行鉛與鉻的吸附與氧化還原試驗，並搭配 X 光吸收光譜與傅立葉傅里葉轉換紅外光譜解析其機制。於結果得知，原始藻類與於 pH3.5 與 pH 7.0 合成的複合材料其對鉛最大累積量分別為 128、405、337 mg g⁻¹，而累積鉛之機制包含鉛與藻類表面官能基產生錯合，且鉛會沉澱於藻類表面，部分的鉛則會進入藻類體內與其蛋白質錯合；於鉻的氧化還原試驗中，可得藻類本身與複合材料皆具可將六價鉻還原成三價鉻的能力，並使鉻沉澱於藻類表面。

關鍵字：溫泉紅藻、鐵氫氧化物、新型生物複合材料、重金屬、同步輻射光譜技術

五、前言

溫泉紅藻(Cyanidiales)是生存於富含硫酸鹽之酸性溫泉區域的微紅藻，其擁有耐高溫(常溫至 56°C)及酸性(pH 0.2 至 5)的特性，依生物學分類可分為三屬七種，包含 *Cyanidium caldarium* (Cc)、*Cyanidioschyzon merolae* (Cm)、*Galdieria sulphuraria* (Gs)、*Galdieria maxima* (Gm)、*Galdieria partita* (Gp)、*Galdieria daedala* (Gd)及 *Galdieria phlegrea* (Gph)。不僅如此，溫泉紅藻亦可被發現生存於台灣陽明山之區域，特別是土壤與岩石含鉛(Pb)與砷濃度特高的地熱谷，基於其對於高濃度重金屬極端環境的耐受性，因此使溫泉紅藻成為除去環境重金屬污染的潛力材料，特別適用於受工業與礦區污染之酸性廢水與土壤。此時，當溫泉紅藻與土壤中富含的鐵氫氧化物錯合時，溫泉紅藻將可扮演分散劑的角色，使具有奈米顆粒特性的鐵氫氧化物減緩其快速團聚的現象，在進行吸附重金屬反應時，進而增加鐵氫氧化物對重金屬的移除能力，並同時誘發溫泉紅藻與鐵氫氧化物對金屬的氧化還原反應。因此本研究目的為將溫泉紅藻與鐵氫氧化物複合而成為新型

壁報論文

的複合材料，之中除了探討其對累積 Pb 的能力外，亦解析鉻(Cr)於氧化還原轉化的影響，並利用同步輻射 X 光吸收光譜(XAS)與傅里葉轉換紅外光譜(FTIR)技術以鑑定溫泉紅藻與鐵氫氧化物間的結構及其與金屬間的交互作用機制。

六、 材料與方法

(四) 複合材料合成 - 溫泉紅藻與鐵氫氧化物

首先將從台灣陽明山分離而來的溫泉紅藻，以 MA (MA autotrophic medium) 外加 1% 甘油之培養液進行混營培養，並將藻類進行離心(3000 rpm, 15min)，再以去離子水沖洗三次以去除培養液後，之後加入 0.1 M 氯化鐵，將固液比控制在 80 g L^{-1} ，分別於 pH 3.5 與 7.0 下反應 2 天，最後將反應完成之藻類用去離子水進行清洗以去除殘餘的氯化鐵溶劑。

(五) 吸附鉛之能力與機制

將溫泉紅藻複合材料與 Pb 進行等溫吸附試驗，固液比則控制在 0.5 mg L^{-1} ，並加入 5 mM 硝酸鉛於 pH 5.0 與室溫下反應 6 個小時，完成反應後進行離心，上清液經 $0.22 \mu\text{m}$ 濾膜過濾，並利用感應耦合電漿電極放射光譜儀(ICP-AES)偵測 Pb 的濃度，固相則經冷凍乾燥 48 小時，以作後續官能基變化與 Pb 物種變化之機制探討。

(六) 氧化還原反應

將溫泉紅藻複合材料進行 Cr 的等溫吸附試驗，固液比為 0.5 mg L^{-1} ，並加入重鉻酸鉀於 pH 3.5 與室溫下反應 6 個小時，上清液經 $0.22 \mu\text{m}$ 濾膜過濾，並利用 ICP-AES 測 Cr 濃度，固相則經冷凍乾燥 48 小時，以作 Cr 物種變化之機制探討。

七、 結果與討論

首先由 Pb 等溫吸附結果得知溫泉紅藻、溫泉紅藻與鐵分別於 pH 3.5 與 7.0 合成的複合材料對於 Pb 而言皆屬於多階段型的吸附行為，其最大累積量分別為 128、405、337 mg g^{-1} ，並依據 Freundlich 模式可得知，原始藻類與於 pH 3.5 合成的複合材料對 Pb 的吸附方式屬於不同形式的多層吸附(Multilayer adsorption)，而於 pH 7.0 合成的複合材料則屬於單層吸附(Monolayer adsorption)。接著根據 XAS 結果顯示，Pb 與藻類鍵結之型態為 Pb 與植物細胞壁或其他有機官能基鍵結的型態，即表示其吸附 Pb 之機制為藻類細胞表面之官能基(COO⁻與 OH⁻) (Abidi et al., 2014)，再經由 FTIR 之 Amide I 與 Amide II 的 Decomposition 分析發現，其藻體內的蛋白質二級結構(α -helix 與 β -strand)之百分比組成產生明顯得變化，即表示 Pb 可能進入藻類體內並與其蛋白質產生錯和。於 Cr 的氧化還原試驗中，可得知溫泉紅藻本身具有可使 67% 的六價鉻[Cr(VI)]還原成三價鉻[Cr(III)]的能力，且當藻類與鐵氫氧化物複合後，將可以使 Cr(VI)全數還原成 Cr(III)。

八、 參考文獻

Abidi, N., L. Cabrale and C.H. Haigler. 2014. Changes in the cell wall and cellulose content of developing cotton fibers investigated by FTIR spectroscopy. *Carbohydr Polym.* 100:9-16.

酸性森林土壤中添加雞糞生物炭對楓香苗木生長與土壤性質的影響：兩年期的試驗結果

Effects of adding poultry litter biochars on the growth of formosan sweet gum (*Liquidambar formosana*) seedlings and soil properties in acid forest soil: Results of two-years experiment

張瑀芳¹、李駿毅^{1,2}、蔡呈奇^{1,*}

¹宜蘭大學森林暨自然資源學系

²林務局羅東林區管理處約僱森林護管員

*E-mail: cctsai@niu.edu.tw

摘要

本研究主要的研究目的為評估雞糞生物炭是否適合作為苗木栽培的介質，降低化學肥料的施行。兩年期的試驗為以盆栽種植楓香苗木(1~2年生)，將雞糞生物炭(以350°C及550°C製備，磨碎過篩2 mm)添加在苗圃地酸性黏質地土壤中，依重量比例分別添加0.2、0.5、1、2.5、5、10、20、50%，共8種生物炭添加量處理；另外依照林務局的造林樹種作業規範，增加添加化肥的處理組(Chemical fertilization, CF)。苗木種植試驗於每周定期量測株高(H)與苗徑(地際直徑)(D)，並且監測土壤之pH值與電導度值(EC)。種植試驗期間為2016年4月~2017年10月，在2016年8月、2017年8月時與2017年10月，分別收穫各個處理組苗木與土壤，並分析土壤及苗木的性質。兩年期研究結果指出，以生長勢、植體和土壤性質的綜合分析結果，建議低溫生物炭(350°C)添加0.5%，高溫生物炭(550°C)添加1.0%為較合理的添加量。

關鍵詞：雞糞生物炭、酸性森林土壤、楓香苗木、纖弱指數(健壯商數)

前言

一般來說雞糞即家禽墊料(Poultry litter, PL)，這是由飼養雞隻而產生的固體廢物，正在作為生物燃料和工業化學品的原料開發中。在物理上，家禽墊料是雞糞、羽毛、墊料用品(例如：刨花、鋸末和花生殼)、溢出的飼料和化學藥物處理(例如明礬，硫酸氫鈉等)的混合物(Kim et al., 2009)。純粹的雞糞只有在蛋雞的集約飼養下才容易得到，因蛋雞是在籠子裡沒有較大的空間，而如肉雞飼養就會鋪上墊料。家禽墊料的無機成分在熱解過程中顯著地濃縮在生物炭中，並且作為作物的緩慢釋放營養源具有潛在的價值(Agblevor et al., 2010)。生產農業用家禽墊料生物炭時，應採用300-500°C的低熱解溫度(Song and Guo, 2012)。本研究的目的是為評估雞糞生物炭(Poultry Litter Biochar, PLB)是否適合作為苗木栽培的介質，降低化學肥料的施行。

材料及方法

在國立宜蘭大學延文實驗林場(大礁溪林場)苗圃試驗地的土壤(表土0-20公分)，挖掘500~800公斤的鮮土，風乾後以孔徑較大的篩網(3/8" mesh，孔徑9.52 mm)過篩，所有土

壁報論文

樣充分混合均勻後，存放在容器中備用。土壤質地為黏土(Clay) (Sand 11.3%、Silt 33.1%、Clay 55.6%)，Soil pH (土/水=1:1)為 pH 5.46，OC 1.94%，CEC 18.3 cmol (+)/kg soil，Base saturation 36%。本研究以盆栽試驗，將雞糞生物炭(以 350°C 及 550°C 製備(PLB350 & PLB550)，磨碎過篩 2 mm) 添加在上述苗圃土壤中，依重量比例分別添加 0.2%、0.5%、1%、2.5%、5%、10%、20%、50%，共 8 種生物炭添加量處理；另外依照林務局的造林樹種作業規範，增加添加化肥的處理組(Chemical fertilization, CF)，添加量為氮肥 80 kg/ha、磷肥 50 kg/ha 與鉀肥 50 kg/ha，分兩次添加。每個處理組 8 重複(50%添加處理組為 5 重複)，包括無添加的對照組(Control, C)，試驗處理共 138 盆。苗木種植試驗於每週(2016/4-2017/1)及每二週(2017/2-2017/10)定期量測苗高(H)與苗徑(地際直徑)(D)，計算纖弱指數(健壯商數，Sturdiness Quotient, SQ)，並且監測土壤之 pH 值與電導度值(EC)。種植試驗期間為 2016 年 4 月~2017 年 10 月，在 2016 年 8 月、2017 年 8 月時與 2017 年 10 月，分別收穫各個處理組苗木與土壤，並分析土壤及苗木的性質。

結果與討論

現地監測中，依各處理組楓香苗木 SQ 值的變化可知，土壤中添加 0.5%-2.5% 低溫生物炭與添加 1% 及 2.5% 高溫生物炭之植體生長勢顯著優於對照組與化肥處理組，而不論高溫或低溫生物炭，添加 10% 以上則植體無法存活。低溫生物炭要添加 5% 以上，高溫生物炭要添加 2.5% 以上，才能比較顯著及持續影響土壤 pH 值；而低溫生物炭與高溫生物炭都在添加 2.5% 以上，才能比較顯著及持續影響土壤 EC 值。楓香苗木植體生長勢的分析結果，0.5%、1% 及 2.5% 低溫生物炭處理組之植體較健壯且較無吸水不平衡問題的處理。低溫生物炭的添加量高於 0.5% 以及高溫生物炭添加量要高於 0.2% 以上即會造成植體養分的顯著提高。土壤 Bd、pH、EC、SOC、有效磷及鋅含量以添加高溫生物炭處理組相對高於添加低溫生物炭的處理組，但土壤銅含量以添加低溫生物炭處理組相對較高。整體而言，雞糞生物炭能夠改善酸性土壤，提高土壤 pH 值；以雞糞為原料的生物炭養分也相較於植物性生物炭能提供營養元素，原本雞糞即是農民廣泛使用的天然肥料，然而熱解後養分會流失一部份，不過也變成了更加抗淋溶，土壤 EC 值能維持長時間的穩定，相較於化肥處理組，可能有長效性的效果。以生長勢、植體和土壤性質的分析結果，在酸性、黏質地苗圃土壤中種植苗木，建議可以在土壤中添加 0.5% 低溫生物炭(350°C) 或 1.0% 高溫生物炭(550°C)，應為較合理與可行的施用量。

參考文獻

- Agblevor, F. A., S. Beis, S. S. Kim, R. Tarrant, and N. O. Mante. 2010. Biocrude oils from the fast pyrolysis of poultry litter and hardwood. *Waste Management* 30: 298-307.
- Kim, S.-S., F. A. Agblevor, and J. Lim. 2009. Fast pyrolysis of chicken litter and turkey litter in a fluidized bed reactor, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 15:247-252.
- Song, W. P. and M. X. Guo. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 94:138-145.

壁報論文

棘孢木黴菌對番茄養分吸收和萎凋病的影響

Effects of *Trichoderma asperellum* on nutrient uptake and Fusarium wilt of tomato

柳亞霖、李映姿、黃政華*

中興大學土壤環境科學系

chhuang@dragon.nchu.edu.tw

摘要

番茄為全球重要的蔬菜作物之一，但由尖孢镰胞菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 所引起的萎凋病常嚴重危害番茄之生產。本研究評估以本土木黴菌防治番茄萎凋病之可行性，並探討番茄接種木黴菌對番茄養分吸收的影響。自土壤和堆肥篩出選56株木黴菌菌株，經鏡檢其形態，並進行分子系統分類。將具優良拮抗作用之菌株CHF 78進一步分析其生理特性，評估以不同資材組成誘導該菌株大量產孢之方法，並探討以三種不同介質(泥炭土、石英砂和田間土壤) 栽培番茄，接種CHF 78 防治番茄萎凋病之效應。結果顯示，木黴菌株CHF 78 可有效抑制*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*，其抑制率達73.5%。以ITS 和EF1 α 基因序列之分子親緣演化分析顯示，CHF 78 可命名為棘孢木黴菌(*Trichoderma asperellum*)。CHF 78 對溫度的耐受性為40℃，具溶磷、載鐵和分泌吡啶乙酸之能力，亦可分泌分解纖維素、幾丁質、尿素和蛋白質等之酵素。以菇包廢棄物和米糠為基質可誘發CHF 78 大量產孢，其孢子濃度可高達 10^9 spores/g，顯示農業廢棄物可作為培養該菌株之基質。盆栽接種試驗顯示，栽培於泥炭土和石英砂之番茄，接種CHF 78可顯著降低番茄萎凋病之罹病度達55.4% 和56.2%，但以通霄土為栽培介質者罹病度僅降低2.90%。植體養分析顯示，番茄植株之鉀和鈣吸收量與罹病度有較高的顯著相關，表示其兩種養分顯著的影響萎凋病之發生。綜合上述，*T. asperellum* CHF 78 可作為防治番茄萎凋病之生物防治劑。

關鍵字：棘孢木黴菌、生物防治、番茄萎凋病、尖孢镰胞菌

前言

番茄屬於茄科、番茄屬，在台灣番茄總產量達13.6萬公噸。然而，番茄易受到病原菌的侵染，其中由尖孢镰胞菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Sacc.)) 引起的萎凋病為重要病害之一，由於病原體的內生性以及其存在土壤中的持久性，故此病害對番茄生產造成極大的損失，需尋找有效的防治方法。傳統上針對番茄萎凋病所使用

壁報論文

的化學防治方式，投入成本大且效果不彰，連續使用化學藥劑不僅影響人體健康，病原菌易產生抗藥性、土地退化和病蟲害增生及環境造成嚴重汙染等問題。生物防治法來控制病害逐漸受到重視。以生物防治劑與病原菌進行拮抗，有效控制病害的發生，亦可大幅減少對環境的衝擊，是提倡農業永續性的管理辦法。

材料方法

自兩種土壤和三種市售堆肥(雞糞堆肥、豬糞堆肥、豬糞與雞糞混合堆肥) 樣品中篩選出 56 株木黴菌，發現其中一株菌株具有抑制數種土傳性病原菌的效果，且在基本生理特性上該菌株具有分泌載鐵物質、吲哚乙酸(IAA) 和胞外酵素等功能，進而利用分子生物技術鑑定其分類地位，並接種於不同栽培介質之番茄盆栽，探討其菌株對萎凋病的拮抗能力和番茄養分吸收等影響。

結果與討論

木黴菌株 CHF 78 可有效抑制 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*，其抑制率達 73.5%。以分子親緣演化分析顯示，CHF 78 可命名為棘孢木黴菌(*Trichoderma asperellum*)。CHF 78 對溫度的耐受性為 40°C，具溶磷、載鐵和分泌吲哚乙酸之能力，亦可分泌分解纖維素、幾丁質、尿素和蛋白質等之酵素。以菇包廢棄物和米糠為基質可誘發 CHF 78 大量產孢，其孢子濃度可高達 10^9 spores/g，顯示農業廢棄物可作為培養該菌株之基質。盆栽接種試驗顯示，栽培於泥炭土和石英砂之番茄，接種 CHF 78 可顯著降低番茄萎凋病之罹病度達 55.4% 和 56.2%，但以通霄土為栽培介質者罹病度僅降低 2.90%，可能其低土壤 pH 有利於番茄萎凋病之發生而降低 CHF 78 之生物防治效率。植體養分析顯示，番茄植株之養分吸收量與罹病度呈現顯著負相關。綜合上述，*T. asperellum* CHF 78 可作為防治番茄萎凋病之生物防治劑。