

魚茭共生友善環境經營模式示範及效益評估

藍玄錦、王茗慧、潘依玲、曾喬庸、陳俊位
行政院農業委員會臺中區農業改良場

摘要

本技術整合茭白筍 (*Zizania latifolia*) 栽培之土壤改良、病蟲害防治及水資源利用節水技術，以蚵殼粉等水產生產剩餘物質處理後其產量為 3231.2 (1821.5 + 1409.7) kg/0.1ha，高於土壤酸化之田區 (對照組) 產量為 2316.8 (1203.7 + 1113.1) kg/0.1ha，其可有效改善土壤酸化之問題，回復地力。利用茭白筍之吸收能力，將養殖後之廢棄水排入茭白筍田區後，其總氮及硝酸態氮皆可經茭白筍之吸收而降低，淨化養殖漁業廢棄水之水質。另於田區進水口處設置一水池，進行鯉魚 (*Cyprinus carpio carpio*)、青魚 (*Mylopharyngodon piceus*)、泰國鯰 (*Clarias batrachus*)、鰱 (*Pelodiscus sinensis*) 或泥鰱 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 等物種放養，經調查顯示可有效防止田區福壽螺 (*Pomacea canaliculata*) 的危害，田區之福壽螺卵塊皆少於未放養魚隻之田區。再者，搭配有益微生物如木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 之使用，可加速茭白筍栽培過程中剝除下來並棄置於暗溝中之老葉分解，分解後所產生之肥分可循環再利用於茭白筍生長之所需。經由上述之技術整合後建立魚茭共生模式，整合為一友善環境與永續農業之生產模式，維護水田自然生態，提升茭白筍及漁業養殖產能之效益。

關鍵詞：茭白筍、魚菜共生、微生物製劑、生產剩餘物質、循環利用

前言

茭白筍 (*Zizania latifolia*) 為臺灣重要之莖菜類蔬菜，產地集中於南投縣埔里鎮及魚池鄉，兩鄉鎮之種植面積約佔全臺 85% 以上。茭白筍採收季節夏季，時值高溫多濕及多颱風豪雨之際，此時期蔬菜作物大多栽培不易，因而茭白筍成為臺灣重要的夏季蔬菜之一。除夏季外，一年四季皆可品嚐到其滋味，主因為茭白筍栽培管理技術成熟，如電照、刈頭等產期調節技術及採收後易搬運與耐貯藏等特點，使得茭白筍幾乎無供應問

題。但由於土地面積有限，農友往往採用連作方式，使得耕地土壤少有休息機會，而慣行農法操作上農民習慣性大量使用化學肥料，使土壤理化特性變差，加上長年淹水易造成元素缺乏及土壤通氣性下降，以及近年氣候變遷等因素，都間接造成茭白筍產量年年下降之趨勢。另一方面，茭白筍生產過程及配合調節產期需大量灌排地下水或泉水，水資源利用效率低，且影響水資源利用之永續性；臺灣地狹人稠、高山林立，除可耕地面積受限外，水資源不易保留，加上近年來氣候劇烈變遷，使得水資源之分配失去



平衡，導致傳統農業遭受巨大考驗。因此，希望整合茭白筍栽培之土壤改良、病蟲害防治及水資源利用節水技術，以矽酸鈣或是蚵殼粉等水產生產剩餘物質等改善土壤酸化問題，並利用茭白筍之吸收能力，淨化養殖漁業廢棄水之水質，另一方面，搭配有益微生物之使用，建立魚茭共生模式，整合為一友善環境、永續農業之生產模式，維護水田自然生態，提升茭白筍及漁業養殖產能之效益並改變現有慣行栽培之瓶頸。

水產生產剩餘物應用於茭白筍土壤改良

利用蚵殼粉進行土壤改良，可有效協助農友解決土壤酸化問題，使田區恢復產能。經試驗結果顯示，利用每 0.1 ha 施用 200 kg 之蚵殼粉，可將原土壤 pH 值 4.65—4.90 改善至 pH 值約 5.61—6.03 (表 1)。經每期作 3 次之植株生育狀況調查顯示，第一期作調查結果如表 2，以蚵殼粉處理之茭白筍株高分

別為 84.4、169.6 及 200.8 cm，顯著優於對照組田區之 77.2、160.0 及 194.0 cm，預備進入產筍期之第 3 次生育調查之分蘗數，蚵殼粉處理為每橫 35.3 支，顯著高於對照組之每橫 30.5 支。第二期作蚵殼粉第 1 次生育調查之株高則為 63.2 cm，略優於對照組之 56.3 cm 但並無顯著差異，第 2 及第 3 次之株高則分別為 173.5 及 218.8 cm，顯著優於對照田區之 157.4 及 184.9 cm。預備進入產筍期之分蘗數，蚵殼粉處理為每橫 36.2 支，顯著高於對照組之每橫 33.2 支。筍長及單筍重，兩期作皆以處理蚵殼粉之田區最佳 (表 3)，顯著優於土壤酸化之對照組，但於筍徑、筍肉重及筍肉率上則無顯著差異。再與同樣管理方式，但未有酸化情形且未處理蚵殼粉之田區進行比較，本試驗處理田區之茭白筍性狀皆與該田區無顯著差異。全年產量比較上，土壤酸化之田區 (對照組) 產量為 2316.8 (1203.7 + 1113.1) kg/0.1ha，無酸化之田區產量為 3017.4 (1817.6 + 1199.8) kg/0.1ha，蚵殼粉處理之產量為 3231.2

表 1 未處理前之田區及蚵殼粉處理後之田區土壤營養成分表

		pH	電導度 (1 : 5) dS m ⁻¹	有機質	全氮	磷	鉀	鈣	鎂	總氮	硝酸態氮
				%		ppm					
試驗區	取樣點 1	4.68	0.63	4.09	0.23	200	72	739	107	97.3	0.0
	取樣點 2	4.65	0.77	4.49	0.22	190	62	979	134	79.8	16.1
	取樣點 3	4.90	0.71	4.71	0.24	231	68	929	113	96.6	15.4
	平均	4.74	0.70	4.43	0.23	207	67	882	118	91.2	10.5
蚵殼粉	取樣點 1	5.61	1.22	3.94	0.33	202	80	1133	111	100.5	14.8
	取樣點 2	6.03	0.97	4.33	0.23	195	60	1254	135	89.9	17.2
	取樣點 3	5.70	1.01	4.51	0.20	235	59	1320	125	88.2	14.5
	平均	5.78	1.07	4.26	0.25	211	66	1236	124	92.9	15.5



表 2 第一及第二期作茭白筍田區生育性狀調查

		第 1 次生育調查		第 2 次生育調查		第 3 次生育調查	
		株高(cm)	分蘖(支/叢)	株高(cm)	分蘖(支/叢)	株高(cm)	分蘖(支/叢)
第一期	蚵殼粉	84.4 ^a	18.0	169.6 ^a	31.8	200.8 ^a	35.3 ^a
	對照組	77.2 ^b	16.0	160.0 ^b	29.4	194.0 ^b	30.5 ^b
第二期	蚵殼粉	63.2	17.0	173.5 ^a	29.8	218.8 ^a	36.2 ^a
	對照組	56.3	15.0	157.4 ^b	28.4	184.9 ^b	33.2 ^b

同一期作同一欄數值標有不同英文字母者，表示有顯著差異， $p < 0.05$ ；無標示英文字母者，表示無顯著差異， $p \geq 0.05$

表 3 蚵殼粉處理對茭白筍性狀及產量之影響

		筍長 (cm)	筍徑 (cm)	單筍重 (g)	筍肉重 (g)	筍肉率 (%)	產量 (kg/0.1ha)
第一期	蚵殼粉	20.3 ^a	3.8	98.3 ^a	50.3	51.2	1821.5
	對照組	18.7 ^b	3.8	93.1 ^b	46.1	50.0	1203.7
	無土壤酸化之田區	20.8 ^a	3.9	102.0 ^a	50.5	50.0	1817.6
第二期	蚵殼粉	18.2 ^a	3.9	95.5 ^a	48.3	50.5	1409.7
	對照組	16.3 ^b	3.9	90.2 ^b	43.1	47.8	1113.1
	無土壤酸化之田區	17.1 ^a	3.9	94.3 ^a	45.5	48.3	1199.8

同一期作同一欄數值標有不同英文字母者，表示有顯著差異， $p < 0.05$ ；無標示英文字母者，表示無顯著差異， $p \geq 0.05$ ；產量係以全園區之收穫量進行面積換算，無進行統計分析

(1821.5 + 1409.7) kg/0.1ha，依據上述結果顯示，蚵殼粉之處理可有效改善土壤酸化之問題，回復地力。

魚菜共生

魚菜共生為近年來新興的一種農業操作模式，其結合作物栽培及水產養殖，可有效利用水資源，並形成一氮循環系統，使養

分循環再利用。魚菜共生的原理係將養殖物排放至水中的排泄物或餵養後所殘餘之殘餌（圖 1），經分解作用後形成可供給植物吸收之養分型態，再藉由作物將水淨化後回收作為新的養殖用水，達到水資源再利用之目的，是一種對環境友善的生產方式。魚菜共生系統藉由養殖密度的控制、投餌量多寡及作物種類等之組合，可延伸出不同之系統模式（Rakocy, 1989；楊與鄭，2016）。





圖 1 餵養過程中之殘餌，易造成水質快速劣化

南投縣埔里鎮及魚池鄉是國內茭白筍栽培面積最大的區域，且因水源充沛且清澈，故有許多高經濟魚種之養殖場，如鱖龍魚、鱒魚等。統計結果顯示，每 30 公噸之養殖池，每日排放之廢棄水約 3–5 公噸，養殖後之廢棄水多直接排放至溪裡，實為浪費。臺中區農業改良場建立之魚茭共生系統，係為利用上述養殖後之廢棄水，進行茭白筍田灌溉，再行排放。經調查及水質監測結果顯示（表 4），養殖池之排放水 pH 值介於 7.12–8.00、DO 值（溶氧量）為 4.74–6.93 ppm、總氮氮及硝酸態氮分別介於 0.53–1.42 ppm 及 2.32–6.80 ppm 之間，經由排入茭白筍田區後其水質數據則為 pH 6.98–7.94、DO 4.23–6.07 ppm、總氮氮 0.35

–1.04 ppm 及硝酸態氮 0.87–1.76 ppm。養殖後之廢棄水排入茭白筍田區後，其總氮氮及硝酸態氮皆可經茭白筍之吸收而降低，除可提供茭白筍栽種期間之養分外，亦可達到淨化水質之效果，減少因養殖廢棄水中高含量氮造成溪流優養化之問題。

魚茭共生之生物防治

福壽螺 (*Pomacea canaliculata*) 為大型的淡水螺物種，繁殖能力強，為雜食動物，喜歡吃幼嫩的植物，對水稻、茭白筍等水田作物危害很大（廖等，2002）。傳統農業操作中多以 Niclosamide（耐克螺）或是苦茶粕等作為防治手段，但受氣候溫度條件



表 4 魚菜共生試驗場域之水質監測數據

日期(月/日)		3/23	4/15	5/21	6/17	6/18	7/15	8/19	9/23	10/27
養殖池 排放水	pH	7.12	8.00	7.44	7.65	7.53	7.61	7.41	7.35	7.30
	DO(ppm)	5.59	4.74	6.93	5.13	4.84	5.42	5.11	5.61	5.32
	總氮氮(ppm)	1.10	0.83	0.80	1.31	1.42	1.22	0.53	1.05	1.34
	硝酸態氮(ppm)	3.50	3.56	4.98	3.74	2.32	4.54	3.69	2.33	6.80
		施 肥								
取水點 2	pH	7.12	7.94	7.58	7.32	6.87	6.98	7.13	7.31	7.22
	DO(ppm)	5.44	5.47	4.39	5.42	3.99	4.33	5.19	6.07	4.23
	總氮氮(ppm)	0.64	0.54	0.35	0.62	4.27	0.45	0.41	0.39	1.04
	硝酸態氮(ppm)	1.05	1.32	0.87	0.95	3.98	1.26	1.59	1.60	1.76

及操作方式影響成效。如耐克螺施用時須有一定之水位高度，方能見效，而苦茶粕於低溫下效果不佳，且兩者於防治之效果皆無選擇性，對於水田中其他生物亦具有毒害，進而破壞生態（蔡等，2015）。再者福壽螺會隨著灌溉水流移動，即使原田區內之福壽螺已清除，但難保灌溉水源不再挾帶。

利用魚隻進行生物防治是一有效的方法，目前多數茭白筍農會直接於茭白筍田區進行魚隻放養，其能有效防治福壽螺的危害，然田區水位高低，會因茭白筍生長時期而進行調整，如初期生長為促進分蘖，水位高度僅維持約 10 cm，此時無法放養魚隻（圖 2），甚至於休耕、整地或收割結束後之刈頭處理時，田區多為無水狀態，此時農友會將魚群捕撈至他處暫放，此作業程序增加農事工作量，且捕撈過程中常有漏網之魚，造成損失。鑒於上述之問題，建議可於田區進水口處設置一水池，進行魚隻放養，該水池出水口處再以鐵網遮蔽，防止魚隻游出，

方便管理，此時若福壽螺順著灌溉水流移動時，於進水口處會先被魚群捕食，可有效防止田區福壽螺的危害（圖 3），目前也有多數茭白筍農友採行此方式，經調查顯示以此方法進行管理之田區，其田區之福壽螺卵塊皆少於未放養魚隻之田區（圖 4）。養殖物種之選擇可利用鯉魚（*Cyprinus carpio carpio*）、青魚（*Mylopharyngodon piceus*）、泰國鯰（*Clarias batrachus*）、鰱（*Pelodiscus sinensis*）或泥鰱（*Misgurnus anguillicaudatus*）等，皆具有一定之防治效果。當魚隻吃完福壽螺後排出之排泄物，則可作為茭白筍田區之養分，達到農業循環目的。

茭白筍生產剩餘物應用性

茭白筍葉片及葉鞘佔總生質量 50—70%，每公頃茭白筍桿（殼）生產剩餘物鮮重可達 7—10 公噸，且茭白筍葉鞘與葉片中含 K_2O 各約 3—4% 與 5—7%，以及含有





圖 2 茭白筍種植初期為促進分蘖，故水位較低，不宜放養魚隻



圖 3 茭白筍田區入水口處可設置水池(左)，經由放養魚隻(中)清除福壽螺，減少福壽螺進到茭白筍田區之機率，為防止魚隻進入田區可於水池出口處架設鐵網避免放養魚隻逃逸(右)

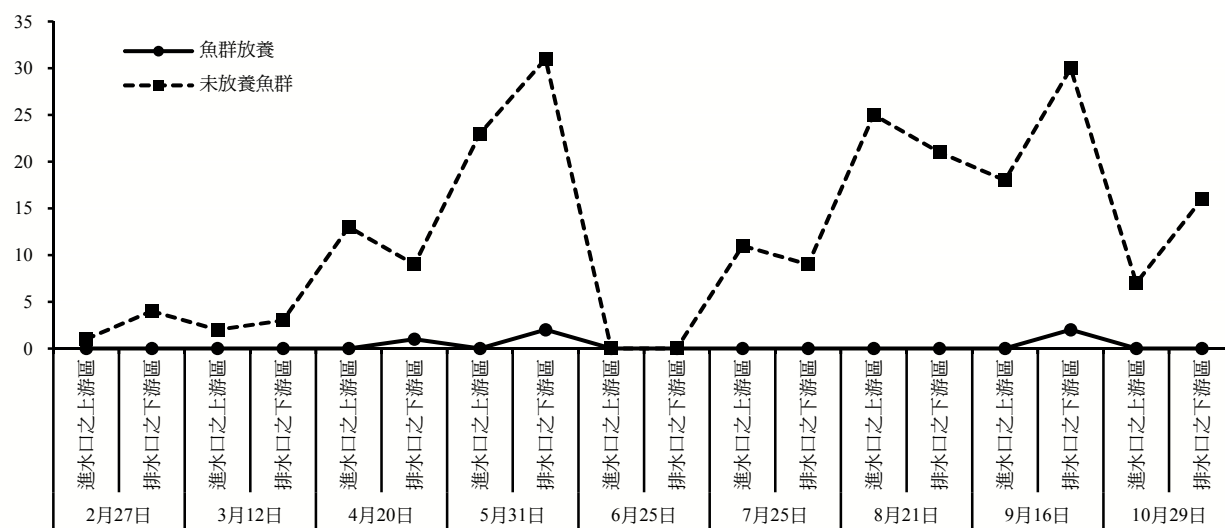


圖 4 茭白筍田區放養魚群之有無對福壽螺卵塊數量之比較



鈣、鎂、錳、銅及鋅等微量元素 (俞, 2008), 為一理想的農業循環用之堆肥材料來源。茭白筍栽種過程中, 多需進行老葉或病害葉剝除之田間操作, 以促進分蘖生長、促進通風及避免害蟲隱蔽, 以利病蟲害防治管理。然茭白筍葉 (殼) 多堆置於田間暗溝, 發酵腐爛過程中產生厭氧性細菌阻礙根部呼吸, 且老葉攜帶之病蟲害, 尚殘存於其上, 除影響田內水流外, 亦成為田間病蟲傳播源之一, 如困擾茭白筍農許久之基腐病, 其造成危害之病原菌即為 *Pythiogenon* sp. 及 *Enterobacter cloacae* 等兼性厭氧菌所引起 (廖等, 2002), 其會於棄置田區中的植株殘體繁殖生長, 並藉由水流進行傳播, 再由因採收、剝葉等田間操作所造成之植株傷口侵入, 染病之植株, 會由莖基部開始腐爛, 並向上擴展, 腐爛之部分會散發惡臭味。但農民朋友於田間操作時, 若再將剝除後之老葉移出田區, 對勞力上是一大負擔, 因此必須尋求適宜處理的方法, 避免將茭白筍葉 (殼) 丟置於田間或是加速其分解, 減少病媒蟲害繁殖之棲

所, 進而克服栽種之問題, 並達到農業循環之目的。

微生物製劑及菇草生產剩餘物質於茭白筍友善栽培或水產養殖上之應用

一、液態微生物製劑使用

臺中區農業改良場開發之微生物製劑係利用乳清蛋白、海草粉、矽藻土、蝦蟹殼粉及糖蜜等所製成, 將木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 及上述資材投入濾袋中後, 再添加適量之水, 每日攪拌, 待 10—14 日後, 即可取出使用。微生物製劑之施用, 可加速栽培過程中剝除下來並棄置於暗溝中之老葉的分解 (圖 5)。此外尚可作為有機液肥施用於植株, 並依據作物生長時期及類別可選擇以根灌、葉噴等方式以及依據生長時期進行不同稀釋倍數等施用, 若以茭白筍為例, 其可以稀釋倍數 200—500 倍進行葉面施用 (藍等, 2018)。水田作物, 則可直接於田區進



圖 5 微生物製劑可加速茭白筍葉(殼)分解, 經試驗比較結果顯示, 處理一個月其已達到完全分解之情形 (左), 以手輕捏可完全粉碎成細末, 未處理組則僅脫水軟化(右)



水口處施用，使其順著田間水流布滿田區，以利植株吸收。茭白筍田區則可以每次每 0.1 ha 施用 20–30 L 之量進行操作。

二、菇蕈生產剩餘物質再利用

利用菇蕈類作物生產後之剩餘物質，以木黴菌堆肥發酵接種劑進行接種後，可快速分解，並調製成具抑病能力之介質，供栽培上使用。另一方面其具有相當之肥效，以及其內含之木黴菌可加速有機物質之分解，運用於茭白筍栽培上可提供養分供植株吸收，亦可加速栽培過程中剝除下來並棄置於暗溝中之老葉的分解，分解後所產生之肥分可循環再利用於茭白筍生長之所需。於施用時，因菇蕈生產剩餘物質開發之產品質量較輕，若直接施灑於田區，會浮於水面，並隨

水流沖走，故可以不織布之肥料袋包裝後，直接放置於田區進水口處（圖 6），用量為每分地 20–30 包，並依據田區之形狀及水流之方向進行放置方式之調整。

三、液態微生物製劑應用於水產養殖

現階段在水產養殖生產中應用較多的益生菌主要有光合細菌、芽孢桿菌、硝化菌、乳酸菌等。其功能主要是將其作為水質淨化處理或是底土改良等之用途，強化養殖環境中自淨能力，將池內的有機質如飼料殘餌、排泄物、藻類及無機物如硫化氫、亞硝酸等轉化成無機鹽類、二氧化碳及水等，維持良好水質。臺中區農業改良場開發之微生物製劑於養殖運用上，其菌種為自行篩選之木黴菌及芽孢桿菌菌種（圖 7），而後利用乳



圖 6 經微生物發酵處理後之農業生產剩餘物質，以肥料袋包裝後，於袋上穿刺小洞，再置於田間入水口處，養分可順著水流布滿田區，內含之微生物可加速田間副產物分解，亦可減少施肥用量及人力，節省成本及達到省工之目的



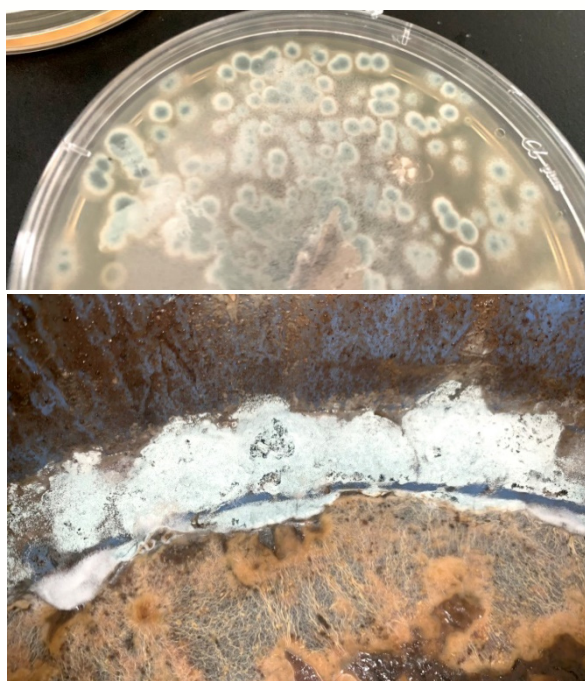


圖 7 實驗室內篩選可應用於水產養殖之木黴菌及其他微生物菌種

清蛋白、海草粉、甲殼素、糖蜜等進行配方調製，再應用於養殖池中，配方調製的發酵過程中，經微生物作用會生成相關分解酵素，如脂肪、蛋白質分解酵素等，能直接快速分解有機質（陳等，2014）。經發酵後之微生物製劑（圖 8），會誘發乳酸菌，施用於養殖池中後，能有效調整水產動物腸道的菌群平衡，抑制病原微生物，分泌乳酸，產生多種消化酶，幫助魚類消化吸收，促進生長。



圖 8 以乳清蛋白、海草粉、甲殼素及糖蜜等配方進行發酵後之微生物製劑，可應用於水產養殖水質淨化、飼料混拌等用途，亦可作為作物之有機液肥使用

結語

經由上述之技術整合後進行茭白筍栽培，經調查結果顯示（表 5 及圖 9），單位面積產量可較慣行之栽培方式提高 30%，並增加筍肉可溶性固形物之含量，提高品質（圖 10）。經農家收入及支出統計結果換算，

表 5 魚菜共生生產模式及傳統栽培模式之茭白筍生育性狀及產量比較

	株高 (cm)	分蘖 (支/樣)	單筍重 (g)	總產量 (kg/0.1ha)
傳統栽培模式	172.3	17.3	77.3 ^b	2369.5 ^b
魚菜共生示範組	190.0	19.8	90.2 ^a	3070.0 ^a

同一欄數值標有不同英文字母者，表示有顯著差異， $p < 0.05$ ；無標示英文字母者，表示無顯著差異， $p \geq 0.05$





圖 9 茭白筍以循環生產模式之田區生長情形(右)及對照組(左)

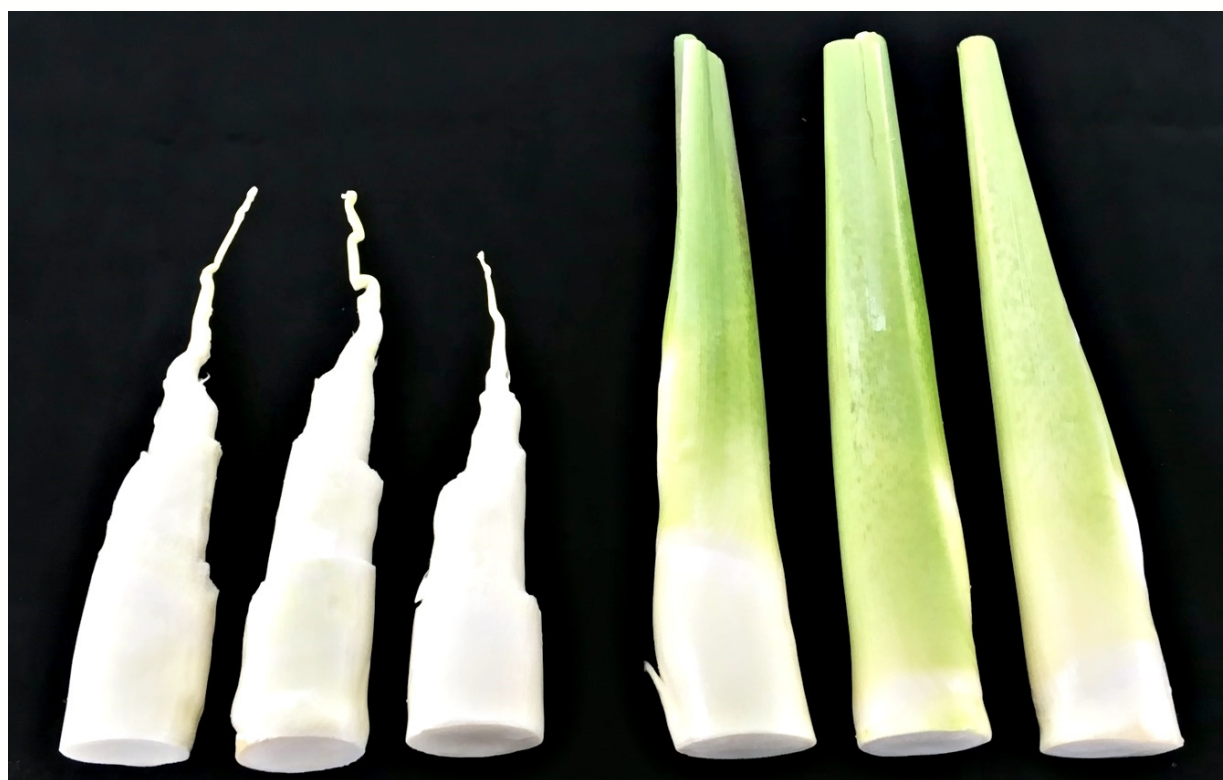


圖 10 以臺中區農業改良場建立之魚茭共生模式其生產之茭白筍品質優良



此生產模式可減少 1/3 茭白筍栽種過程中需使用之肥料用量，意即每 0.1 ha 可減少施肥量約 80–100 kg，以每 kg 10–15 元再加上肥料施用人力費用（1,500 元/日/工）之換算，每期作（一年兩期）可減少農戶 0.1 ha 之支出成本 6,800–7,500 元左右。產量之增加則可增加茭白筍農戶每期作、每 0.1 ha 收入 35,000–70,000 元不等，總計可增加盈

收 41,800–77,500 元。臺中區農業改良場建立之魚茭共生生產模式（圖 11），係整合茭白筍田之土壤改良，並利用茭白筍之吸收能力，淨化養殖漁業廢棄水之水質，另一方面，搭配有益微生物之使用，減少廢棄物的產生，整合為一友善環境、永續農業生產之栽培模式，以維護水田之自然生態並提升茭白筍及漁業養殖產能之效益。



圖 11 魚茭共生循環模式示意圖



參考文獻

- 俞曉平 (2008) 茭白鞘葉的主要成分分析。茭白高效安全生產大全，中國農業出版社，中國北京，133-135。
- 陳俊位、鄧雅靜、蔡宜峯 (2014) 木黴菌在作物病害防治的開發與應用。農業生物資材產業發展研討會專刊，87-115。
- 楊清富、鄭安秀 (2016) 魚菜共生系統原理及方法。臺南區農業改良場技術專刊，第 165 期，24 pp。
- 廖君達、林金樹、陳慶宗 (2002) 臺灣茭白筍病蟲害種類及發生消長調查。臺中區農業改良場研究彙報，75: 59-72。
- 蔡依真、翁崧夏、謝文棟 (2015) 茶皂素在植物保護方面之應用。花蓮區農業專訊，91: 10-12。
- 藍玄錦、林煜恒、陳俊位 (2018) 有機資材應用對茭白筍生長發育及產量之影響。臺中區農業改良場研究彙報，138: 37-51。
- Rakocy, J. E. (1989) Vegetable hydroponics and fish culture - a productive interface. World Aquacult., 20: 42-47.

