

「魚芋共生」整合式有機栽培 模式建立

林文華¹、楊大吉²

¹ 行政院農業委員會花蓮區農業改良場蘭陽分場

² 行政院農業委員會花蓮區農業改良場

摘要

為開發魚芋整合之有機生產模式，以宜蘭地區常見高畦芋田為基礎，建立魚芋共生模場。模組設計除高畦芋田原有之高畦、畦溝，並設置深度 30 cm 之魚溝，做為田區限水時維持魚隻生存之水體用。三種密度紅尼羅魚 (*Oreochromis* sp.) 放養於有機檳榔心芋 (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) 田區，以評估魚芋共生方式對有機檳榔心芋生產的影響。結果顯示三種密度放養處理及不放養對照區的芋年產量為 3,744 - 4,513 kg/ha，以 2,500 尾 /ha 處理表現較佳。紅尼羅魚放養 4.5 個月後以 1,250 尾 /ha 及 2,500 尾 /ha 處理成活率 61.2 - 65.1 %、魚重增加約 17.2 - 20.2 % 表現較佳。本次試驗之總體淨收益以放養 2,500 尾 /ha 處理 227.2 千元 /ha 表現最佳，淨收益最高，可較無放養紅尼羅魚對照模式增加 44 % 左右的獲利。

關鍵詞：紅尼羅魚、檳榔心芋、共生栽培、有機、密度

前言

花宜地區近年積極推動有機農業，然生產規模不如中南部大產區，市場競爭條件較為受限，需開發具獨特性產業以提升競爭力。宜蘭地區農友近年嘗試檳榔心芋有機栽培，然而產量低，營收不如預期。為解決上述問題，花蓮區農業改良場以建立「魚茭共生」有機生產模式經驗為基礎，進行「魚芋共生」整合式有機栽培模式開發，透過經營

模式調整以提高獲利，增加農民從事有機生產意願。另亦探討魚隻放養密度對該模式之影響，以期獲得較佳魚隻放養模式，增加魚芋共生模式可行性。

魚芋共生場域設計

一、魚芋共生整合模式田區設計

檳榔心芋為臺灣重要作物，全省各地均有種植，其中以臺中、屏東、苗栗、花蓮等地為主要產區；慣行種植方式以水田湛水種植為主。不同於慣行之水田種植模式，宜蘭地區芋農慣用做畦方式離水栽培檳榔心芋，植株定植於畦面上，僅畦溝湛水。本場規劃設計魚芋共生田區參採當地高畦栽培模式，畦高約 40 cm，畦寬約 120 cm，畦面寬約 90 cm，畦溝寬約 80 cm。為符合魚隻放養及活動所需水體條件，田區靠灌溉水入水口一側挖設一寬 4 m，深約 30 cm 之深溝，做為田區之中水深較深，可供魚隻休憩之區域，稱之「魚溝」；對向有排水口一側則挖設一寬約 2 m，深約 30 cm 之魚溝。魚溝走向與芋畦走向垂直，並與各畦溝連通（圖 1）。灌溉水由入水口進入魚溝，再經由畦溝流至後端魚溝，再由排水口流出。

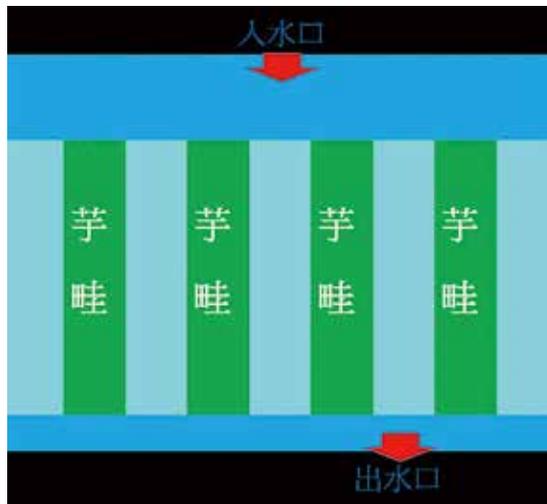


圖 1. 魚芋共生試驗田區規劃。長條狀色塊為芋畦，上方為入水口一側之改良式魚溝，下方為排水口一側之改良式魚溝。

二、魚芋共生田區水體管理

檳榔心芋生育時期維持畦溝水深約 30 cm，此時除畦面外，全部田區均湛水，魚溝水深約 60 cm。魚隻可在畦溝、魚溝自由活動。7 月中下旬檳榔心芋生育後期

田區排水使畦溝水深降至 10 cm 以下，芋株基部充分離水以利養分回流，此時畦溝水淺，魚隻無法在此活動，魚溝水深約 40 cm，可容納魚隻在此休憩。8 月下旬檳榔心芋採收，採收完成後畦溝回復水深 30 cm 以上，魚隻可再行於畦溝活動(圖 2)。以田區水體計算，檳榔心芋生育時期及採收後，魚隻可運用之水體包含畦溝及魚溝，水體大小約為 2,240 m³/ha；生育後期畦溝水深較淺，魚隻活動之理想水體僅有魚溝區域，大小約 240 m³/ha(表 1)。紅尼羅魚放養時間以 4 月下旬至 5 月上旬間較佳，然因試驗年度梅雨季降雨極少，改至 6 月中旬連數日降雨後放養。



圖 2. 魚芋共生田區各時期湛水狀態。檳榔心芋生育期及採收結束後全區湛水，魚隻活動有效水體包含畦溝與魚溝(左圖)；生育後期及採收期田區限水，魚隻活動有效水體僅有魚溝(右圖)。

表 1. 試驗區水體計算方式

測試時期	水體大小 (m ³)		
	魚溝	畦溝	合計
芋生育期	360 ^z	1,880 ^x	2,240
芋生育後期	240 ^y	---	240
芋採收期	240 ^y	---	240
採收期後	360 ^z	1,880 ^x	2,240

^z 魚溝於芋生育期及採收期水體大小計算方式為：入水口側魚溝寬×深×長=4 m×0.6 m×100 m=240 m³；排水口魚溝寬 2 m，水體為 120 m³，兩者合計為 360 m³。

^y 芋生育後期及採收期魚溝水體大小：入水口側魚溝寬×深×長=4 m×0.4 m×100 m=160 m³；排水口魚溝寬 2 m，水體為 80 m³，兩者合計為 240 m³。

^x 畦溝水體於芋生育期：溝寬×深×長×畦溝數=1 m×0.4 m×94 m×50 畦=1,880 m³。

魚隻放養密度對魚芋共生模式之影響

本次試驗場域設置於宜蘭縣三星鄉行健村有機田區，面積約 0.3 公頃，場域依圖 1、圖 2 模組規畫設置。試驗處理以每公頃 1,250 尾、2,500 尾及 5,000 尾等三種密度於有機檳榔心芋田中放養紅尼羅魚，以評估紅尼羅魚放養密度對宜蘭地區高畦栽培有機檳榔心芋田區魚隻成活、檳榔心芋生產及田區產值的影響。三種放養密度依表 1 各時期田區水體大小估算，各時期水體魚隻密度如下：

- (一) 高密度放養：放養 5,000 尾 /ha。檳榔心芋生育前期及採收之後田區水體魚密度約 2.2 尾 (1.3 kg)/m³；芋生育後期至採收期約 20.8 尾 (12.5 kg) /m³。
- (二) 中密度放養：放養 2,500 尾 /ha。檳榔心芋生育前期及採收之後田區水體魚密度約 1.1 尾 (0.7 kg)/m³；芋生育後期至採收期約 10.4 尾 (6.2 kg) /m³。
- (三) 低密度放養：放養 1,250 尾 /ha。檳榔心芋生育前期及採收之後田區水體魚密度約 0.6 尾 (0.3 kg)/m³；芋生育後期至採收期 5.2 尾 (3.1 kg) /m³。

除三種放養密度處理外，另設一未放養魚隻對照區，對照區未設置魚溝及放養魚隻，僅設置芋畦種植檳榔心芋，芋畦規畫與其他處理組相同。放養紅尼羅魚重約 550~590 g，放養時間為 6 月中旬，魚隻收穫時間為 10 月下旬。

一、放養密度對魚隻成活與生育之影響

在有設「魚溝」的田區，每公頃放養 1,250、2,500 及 5,000 尾紅尼羅魚處理之成活率分別為 65.1 %、61.2 % 及 51.5 %。以每公頃放養 1,250 及 2,500 尾紅尼羅魚處理成活率較高，5,000 尾處理成活率最低，顯示在本年度宜蘭縣三星鄉供水較缺乏的狀態下，每公頃放養 5,000 尾的魚隻密度過高。

本次試驗魚隻死亡時間主要集中在放養 2 週內，故推測放養初期環境適應不良會導致魚隻死亡較多。另於夏季供水缺乏、水體較小時亦有較多魚隻死亡。共生田區於前、後端各設置 4 m 及 2 m 寬，深度 30 cm 的魚溝，於供水不足時可見魚隻主要集中在該處活動，水量充足時觀察魚隻停留在魚溝的時間較其他區域如畦溝為長，因此設置魚溝對魚隻成活有明顯助益。惟魚溝深度影響魚芋共生場域水體大小甚鉅，特別在檳榔心芋生育後期及採收期需降低田區水深，此時魚隻活動區域僅限

於魚溝，魚溝深度對魚隻活動空間影響更大，因此魚溝深度需求對魚隻的影響，仍需進一步探討。

本次魚芋共生試驗，因有機田區是否適合投入市售魚飼料仍不明確，故不餵飼並觀察魚隻在未人工餵飼下的生育情形，僅放養初期約每週投放有機米糠作為飼料，1,250、2,500 及 5,000 尾 /ha 處理各投放約 50、100 及 200 kg/ha 2 次。由試驗結果得知，於共生田區放養 4.5 個月之後，放養 1,250、2,500 及 5,000 尾 /ha 處理之魚隻重量分別為 670.1 g/尾、651.3 g/尾、及 661.5 g/尾，處理間無顯著差異；而魚體分別增重 20.2 %、17.2 % 及 15.6 % (表 2)，以 1,250 尾處理稍高，2,500 尾處理其次，5,000 尾處理較低。

表 2. 檳榔心芋田中不同紅尼羅魚 (*Oreochromis* sp.) 放養密度處理之魚成活率、放養魚重、收穫魚重及魚重成長率。

Table 2. The survival rate, weight of fish when putting in the field and harvesting, and weight increase rate of different red tilapia (*Oreochromis* sp.) culture density in organic taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) field.

放養密度 (尾 /ha)	成活率 (%)	放養魚重 (g/尾)	收穫魚重 (g/尾)	魚重成長 ^y (%)
1,250	65.1	557.5	670.1 a ^z	20.2
2,500	61.2	581.5	651.3 a	17.2
5,000	51.5	572.3	661.5 a	15.6

^z Means within each column followed by the same letters are not significantly different at P<0.05 by Fisher's protected LSD test.

^y The data was the result of fish weight when putting in the field/ fish weight when harvesting.

二、放養密度對檳榔心芋的影響

檳榔心芋採收調查於 9 月中旬進行，結果顯示共生田區每公頃放養 1,250 尾、2,500 尾及 5,000 尾紅尼羅魚三種處理及未養魚對照組之檳榔心芋採收率分別為 37.3 %、42.7 %、37.5 % 及 40.3 %，處理間無顯著差異；採收不良品比率各處理為 66.7 %、70.0 %、62.5 % 及 65.7 %，亦無顯著差異；採收單粒重各處理分別為 203.8 g、211.4 g、199.7 g 及 209.8 g，亦無顯著差異；年產量方面，各處理分別為 3,800.9 kg/

ha、4,513.4 kg/ha、3,744.4 kg/ha 及 4,227.5 kg/ha，以 2,500 尾 /ha 處理稍高，其次為對照組；在採收球莖乾物量方面，各處理乾物重佔鮮重比例分別為 33.3 %、30.3 %、31.0 % 及 34.3 %，以對照組稍高，2,500 尾 /ha 處理較低 (表 3)。在採收球莖剖面觀察方面，三個處理及對照組檳榔心芋採收球莖均不大，外觀多呈不規則狀，非檳榔心芋市場接受度佳之橢圓形，而縱剖之後觀察內部紫色紋路，各處理均呈現均勻分布，未有明顯差異 (圖 3)。由試驗結果可知，以高畦離水方式種植有機檳榔心芋，並於每公頃田區放養 1,250、2,500 及 5,000 尾約 570 g 重的紅尼羅魚，其所生產檳榔心芋單粒重、產量均與未放養魚隻的高畦有機栽培模式相當，甚至每公頃放養 2,500 尾紅尼羅魚的處理的芋產量更高於未養魚對照組 (表 3)，可見放養紅尼羅魚對本次魚芋共生田區有機檳榔心芋生產並未有顯著負面影響。

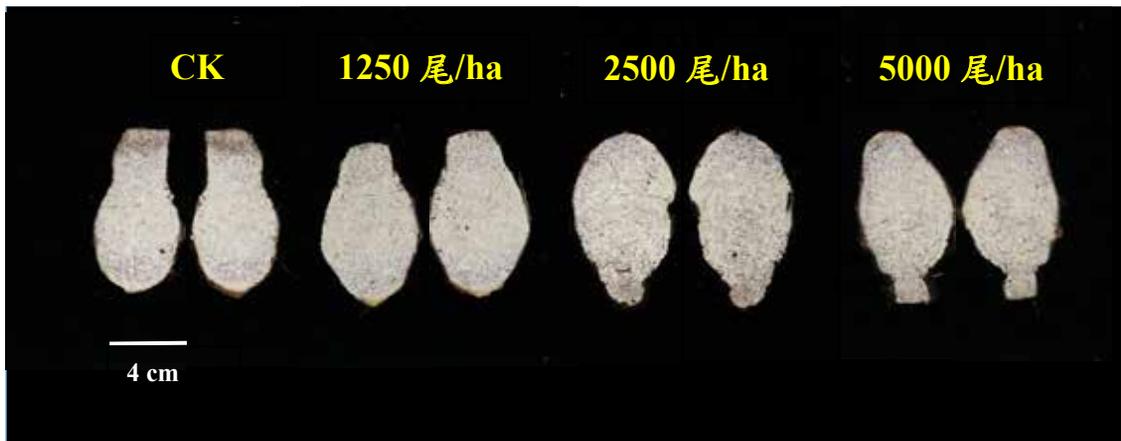


圖 3. 三種紅尼羅魚放養密度處理及對照組之檳榔心芋採收外觀。

Fig.3. The appearance of harvested Bin-lang-xin taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) cultivated with 3 red tilapia (*Oreochromis* sp.) culture density in fish and taro integrated farming module and the check.

表 3. 紅尼羅魚 (*Oreochromis* sp.) 放養密度對魚芋共生模式之芋採收率、年產量、單粒重及乾物量的影響。

Table 3. The effect of red tilapia (*Oreochromis* sp.) culture density on harvest rate, defective corm rate, annual yields, harvested corm fresh weight and dry matter percentage of Bin-lang-xin taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) cultivated with fish and taro integrated farming module.

放養密度 (尾/ha)	採收率 ^z (%)	不良品率 ^y (%)	單粒重 (g)	產量 ^x (kg/ha)	乾重 ^w (%)
0	40.3 a ^v	65.7 a	209.8 a	4,227.5	34.3 a
1,250	37.3 a	66.7 a	203.8 a	3,800.9	33.3 ab
2,500	42.7 a	70.0 a	211.4 a	4,513.4	30.3 b
5,000	37.5 a	62.5 a	199.7 a	3,744.4	31.0 ab

^z Harvest rate were calculated with dividing no. of plant with salable corm by total plant no. of every treatment.

^y Defective corm rate were calculated with dividing no. of harvested corms with rot parts or apparent wormholes by total harvested corms.

^x Annual yields of all the treatments were calculated by crossing 50,000 (plants per hectore) with harvest rate and harvested corm fresh wt. of every treatment respectively.

^w Dry matter (%) were calculated with dividing harvested corm fresh wt. by dry wt. of every treatment respectively.

^v Means within each column followed by the same letters are not significantly different at P<0.05 by Fisher's protected LSD test.

三、魚隻放養對魚芋共生產值的影響

針對本試驗中每公頃放養 1,250 尾、2,500 尾及 5,000 尾紅尼羅魚等三種處理及不放養魚對照組進行生產效益分析，在檳榔心芋收益方面，依據 2017 年度三星鄉行健村有機芋農售價 80 元/kg 估算，對照組檳榔心芋收益為 338.2 千元/ha，而每公頃放養 1,250 尾、2,500 尾及 5,000 尾紅尼羅魚等三種處理的檳榔心芋收益分別為 304.1、361.1 及 300 千元/ha。在紅尼羅魚收益方面，三種處理的魚隻成活率分別為 65.1%、61.2% 及 51.5%，放養 4.5 個月後魚隻重分別為 670.1 g、651.3 g 及 661.5 g，換算後三種處理之收穫魚重分別為 545.3、996.5 及 1,703.4 kg/ha。雖然目前市面上尚未有正式驗證之有機水產品，但以合作農友前幾年進行魚茭共生後之紅尼羅魚試銷價 250 元/kg 作為計算基準，三種處理紅尼羅魚收益分別為 136.3、249.1 及 425.9 千元/ha(表 4)。

在各處理的成本估算方面，分別納入魚種、芋種苗、有機肥、蟲害防治及人力部分。在魚種部分，各放養處理放養魚隻約為 570 g 重，以紅尼羅魚市價約 133.3 元 /kg 計算，每公頃放養 1,250 尾、2,500 尾及 5,000 尾的魚隻成本分別為 95、190 及 380 千元 /ha，對照組則無魚隻成本。在檳榔心芋種苗部分，各處理均需 50,000 株種苗，以每株 1.7 元計算，成本均為 85 千元 /ha。在有機肥部分，每公頃施用 2,000 kg，成本 25 千元，各處理均相同。蟲害防治僅防治福壽螺，不放養魚對照組施用苦茶粕 400 kg/ha，成本 8 千元，其它處理則無。在人力成本方面，扣除植株及魚隻田間管理等自家人力成本後，各處理及對照組在芋苗定植、芋頭採收部分人力成本約為 63 千元 /ha(以每工 1,500 元 / 天計算)，而在魚放養及收穫人力成本方面，每公頃放養 1,250 尾、2,500 尾及 5,000 尾三種處理及對照組分別為 0、15、20 及 25 千元 /ha(表 4)。

由表 4 內容可知，每公頃放養 1,250 尾、2,500 尾及 5,000 尾紅尼羅魚三種處理及對照組的總收益分別為 440.4、610.2、725.9 及 338.2 千元 /ha，而成本則分別為 283、383、578 及 181 千元 /ha，以總收益扣除成本之後，各處理的淨收益分別為 157.4、227.2、147.9 及 157.2 千元 /ha。由此結果可知，本次有機檳榔心芋田區放養紅尼羅魚測試，以放養 2,500 尾 /ha 處理表現最佳，淨收益最高，可較無放養紅尼羅魚對照模式增加 44 % 左右的獲利，然本次試驗期間氣候及供水異常導致檳榔心芋產量及紅尼羅魚成活率均受影響，需再進一步探討。

魚芋共生的機會與挑戰

「魚芋共生」生產模式整合魚隻放養與檳榔心芋栽培於同一田區，除可採收有機芋頭，亦可增加魚獲收入，可提高有機芋田經營效益。本次試作以本場開發魚芋共生田區模組放養 2,500 尾 /ha 紅尼羅魚，總體淨收益可較未放養魚之對照模式增加 44 %。另以本場推廣「魚茭共生」有機生產模式經驗，透過紅尼羅魚等導入田區，頗適合發展農業休閒體驗活動，對整體經營效益頗有助益。在市場競爭條件較為受限的花宜地區，或可發展成一結合生產與休閒之獨特產業。

然而將魚隻養殖導入有機芋生產田區，亦有不少問題須克服。首先田區供水量與穩定性即為決定性因素。檳榔心芋生產對灌溉水供應短缺有較大的容忍度，而魚隻放養

表 4. 魚芋共生有機生產效益分析

魚放養密度 (尾 /ha)	0	1,250	2,500	5,000	備 註
收 益 (千元 /ha) (檳榔心芋 + 紅尼羅魚)	338.2	440.4	610.2	725.9	
檳榔心芋					
收 穫 量 (kg/ha)	4,227.5	3,800.9	4,513.4	3,744.4	
單 價 (元 /kg)	80	80	80	80	
收 益 (千元 /ha)	338.2	304.1	361.1	300.0	有機檳榔心芋 80 元 /kg。
紅尼羅魚					
成 活 率 (%)	----	65.1	61.2	51.5	
收 獲 魚 重 (g/尾)	----	670.1	651.3	661.5	
魚 獲 量 (kg/ha)	----	545.3	996.5	1,703.4	
單 價 (元 /kg)	----	250	250	250	有機農友試銷有機田區養殖魚，售價 250 元 / 公斤
收 益 (千元 /ha)	0	136.3	249.1	425.9	
成 本 (千元 /ha)	181.0	283.0	383.0	578.0	
魚 種	0	95.0	190.0	380.0	魚種 = 放養尾數 x 0.57kg/尾 x 133.3 元 /kg
檳榔心芋種苗	85	85	85	85	以每株 1.7 元計算，50,000 株 /ha。
有機肥	25	25	25	25	100 包 (2,000kg)/ha x 250 元 / 包
蟲害 (福壽螺) 防治	8	0	0	0	苦茶粕 20 包 (400kg)/ha x 400 元 / 包
人力 (檳榔心芋定植)	31.5	31.5	31.5	31.5	以每工 1,500 元 / 天計算，共 7 天，每天 3 工。
人力 (檳榔心芋採收)	31.5	31.5	31.5	31.5	以每工 1,500 元 / 天計算，採收 7 天，每天 3 工。(不包含田間管理部分之自家人力成本)。
人力 (魚放養 / 收穫)	0	15	20	25	
淨收益 (千元 /ha) (收益 - 成本)	157.2	157.4	227.2	147.9	

後，灌溉水供應失衡產生的田區水體變化過大，則對魚隻產生立即性危害，因此在場域篩選上，須挑選水源充足且穩定，不易受附近水利設施、耕作制度影響供水的區域較佳。

此外，檳榔心芋生育後期須限水以利養分回流，因此畦溝須排水，魚隻僅能在魚溝活動，此時為夏秋之際，水體溫度易過高，除提供穩定充足灌溉水補注魚溝外，加深魚溝為有效的解決方法，本場亦持續進行魚溝深度相關試驗，以期解決相關問題。

魚芋共生模式須挖設魚溝、購買魚種，初期成本較單純有機檳榔心芋栽培高，田區養魚亦須提高巡田頻率，可能增加人力成本，建議所生產作物與魚獲須進行市場區隔，強調生產方式差異性為產品加值，並導入農業休閒體驗等，以利產值提升。

參考文獻

1. 王錦堂 黃祥慶 賴惠珍 1992 有機農法相關技術之研究 I . 共榮作物之利用 臺中區農業改良場研究彙報 37:1-9。
2. 呂秀英 呂椿堂 陳烈夫 1999 水芋收穫指數的動態模式 中華農業研究 48(2):8699。
3. 林文華 2009 水生植物食用價值之開發運用 水生植物多樣性開發與利用研討會專刊 花蓮區農業改良場 p.127-140。
4. 林文華 2013 「魚茭共生」有機茭白筍栽培新模式 農友 64(11):6-8。
5. 林文華 2014 魚茭共生 - 與環境和諧相處的產業模式 有機誌 88:82-85。
6. 林文華 2016 新型態有機休閒組合 - 「魚茭共生」有機栽培農法農業專訊 98:1316。
7. 陳烈夫 1996 水芋收穫指數與乾物質生產分配之關係 中華農業研究 45(2):174-185。
8. 黃祥益、黃賢喜 1995 芋 台灣農家要覽 農作篇 (二) 豐年社編印 p.295-300。
9. 楊大吉、林立、葉育哲、陳任芳、游之穎、張同吳、劉啟祥、楊素絲、林文華、邱淑媛、許志銘、劉興榮 2014 東部有機產業與休閒樂活廊道之建構 (宜蘭、花蓮地區) 行政院農業委員會花蓮區農業改良場 103 年度科技計畫研究報告。
10. Chen C.T. and W.H. Lin. 2013. Innovative management of ecological agriculture in R.O.C. p.14-19. In: Center of Excellent on Green Productivity, Asian Productivity Organization, China Productivity.

Development of Fish and Taro Integrated Organic Farming Module

Wen-Hwa Lin¹ and Da-Chi Yang²

¹Lan-Yang Branch Station, Hualien District Agricultural Research and Extension Station, COA

²Hualien District Agricultural Research and Extension Station, COA

Abstract

Taro-and-fish integrated organic farming module was developed based on high-ridge taro field which was distinctive but traditionally used in Yilan district. Besides high ridge and furrow that were used in Yilan-style taro field, the module added "fish ditch", which was 30 cm in depth, to maintain the sufficient waterbody for fish during irrigation-limited period for taro plants. Three densities of red tilapia (*Oreochromis* sp.) were cultivated in organic taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) field to evaluate the effect on production of taro and red tilapia in taro-and-fish integrated organic culture method. The results demonstrated that the yearly yields of organic taro of all the treatments and the check were 3,744 - 4,513 kg/ha and the treatment with 2500 fish/ha performed the best. The better performance of red tilapia survival rate and fresh weight increase rate were gained from the treatments with 1250 and 2500 fish/ha for 61.2 - 65.1 % and 17.2 - 20.2 % respectively after 4.5 months in organic field. The treatment with 2,500 fish/ha performed the best in net profit of 227,200 NTD/ha, which was around 144 % the value of the check.

Key Words: Red tilapia, Taro, Integrated cultivation, Organic, Density

