

## 魚隻放養密度對魚芋共生有機栽培模式之影響

林文華、楊大吉

行政院農業委員會花蓮區農業改良場

### 摘要

三種密度紅色吳郭魚 (*Oreochromis* spp., 俗稱紅尼羅魚) 放養於有機檳榔心芋 (*Colocasia esculenta*) 田區, 以評估魚芋共生方式對宜蘭地區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/公頃, 以 2,500 尾/公頃處理表現較佳。紅尼羅魚放養 4.5 個月後以 1,250 尾/公頃處理活存率 65.1%、魚重增加 20.2% 表現較佳。本次試驗之總體淨收益以放養 2,500 尾/公頃處理 227.2 千元/公頃表現最佳, 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：**檳榔心芋、紅色吳郭魚(紅尼羅魚)、有機農法、共生栽培、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, 市場競爭條件較差, 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 (*Colocasia esculenta*) 有機栽培, 然而產量低, 營收不如預期, 為解決上述問題, 花蓮區農業改良場進行「魚芋共生」有機循環栽培模式建立, 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。本試驗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。

芋屬於天南星科芋屬之多年生植物, 原產於印度, 是熱帶地區重要的糧食作物之一。芋地下球莖發達, 為主要可食部位, 富含澱粉、礦物質及維生素, 營養豐富。另外,

葉柄亦含有鈣、磷、鐵、維生素 A 及 C 等, 也可當作蔬菜使用 (黃與黃, 1995)。臺灣主要栽培品種為檳榔心芋, 具有高產、適應性強等特性, 為主要水生蔬菜之一 (林, 2009)。由芋植株各部位乾物質生產及分配的趨勢, 可將生長期劃分成四個階段: 生長初期、地上部生長旺盛期、球莖快速膨大期及球莖成熟期 (陳, 1996; 呂等, 1999)。在定植後 5–6 個月為生長旺盛期, 地上部生長量達最高峰, 隨即進入球莖結球期, 地下球莖逐漸膨大, 地上部隨之萎縮, 至 9–11 個月時, 僅剩下 2–3 片之葉片以及很小的葉面積, 此時為採收適期 (黃與黃, 1995)。

花蓮區農業改良場於宜蘭地區進行魚茭共生有機茭白筍栽培模式試驗, 結果顯示魚溝深度 40 cm 以上有較佳的魚隻活存率;



每分地田區放養紅色吳郭魚 (*Oreochromis* spp., 俗稱紅尼羅魚) 1,000 尾對茭白筍成存率、產量、單筍重及筍長等無顯著影響 (Chen and Lin, 2013; 林, 2013), 但可有效控制福壽螺及雜草密度 (林, 2014); 雖然試驗結果顯示深度 70 cm 深魚隻活存率稍高於 40 cm 深處理, 但挖掘深度越深, 操作也較不易, 對田區日後的復原影響也較大, 故建議可依現場需求評估挖掘深度 (楊等, 2014)。魚茭共生有機生產模式極富特殊性與趣味性, 透過茭田中悠游的魚讓有機田野更加生動活潑, 農友也能設計各種體驗活動, 適合導入體驗式休閒農業利用, 在三星鄉行健村已成為當地宣傳亮點 (林, 2016)。

## 材料與方法

### 一、魚芋共生場域設計

魚芋共生之檳榔心芋田區以宜蘭地區慣用之作畦方式離水栽培, 試驗田區於 2017 年 10 月整地後作畦。畦高約 40 cm, 畦寬約 120 cm, 畦面寬約 90 cm, 畦溝寬約 80 cm。田區靠灌溉水入水口一側挖設一寬 4 m, 深約 30 cm 之改良式魚溝, 並透過畦溝連接田區入水口及排水口, 對向有排水口一側則挖設一寬約 2 m, 深約 30 cm 之改良式魚溝。魚溝走向與芋畦走向垂直, 並與各畦溝連通 (圖 1)。

### 二、試驗方法

2017 年 12 月進行芋苗田間定植, 每畦種植 3 行, 株距約 30 cm。芋苗購自臺中市大甲區友善耕作農友。檳榔心芋生長時期維

持畦溝水深約 30 cm, 2018 年 7 月中下旬生長後期田區排水使水深降至 10 cm, 芋株基部離水以利養分回流。9 月中旬進行檳榔心芋採收, 調查採收率、採收單粒重及換算單位面積產量。單粒重調查完成將芋實切片, 置於 50°C 烘箱烘 24 小時後稱重, 調查乾物重比例。採收完成後畦溝回復水深 30 cm 以上。以田區水體計算, 檳榔心芋生長時期及採收後, 水體包含畦溝及魚溝約為 2,240 m<sup>3</sup>/公頃; 生長後期畦溝水深較淺, 魚隻活動之理想水體僅有魚溝區域約 240 m<sup>3</sup>/公頃。紅尼羅魚原定於 4 月下旬至 5 月上旬間依各試驗處理密度放養, 因 2018 年梅雨季降雨極少, 改至 6 月中旬連數日降雨後放養, 紅尼羅魚購自宜蘭縣員山鄉, 放養時記錄魚隻重量; 10 月下旬將田區魚溝水位排低, 撈取魚隻調查重量, 計算增重率。10 月魚隻收穫後估算魚芋共生之生產效益, 並與未放養魚隻之有機生產進行生產效益比較。

### 三、試驗處理

魚隻放養密度分為高、中及低密度三種處理, 並設一未放養對照組。

#### (一) 高密度放養

於田區放養 5,000 尾/公頃。檳榔心芋生長前期及採收之後田區水體放養魚密度約 2.2 尾 (1.3 kg)/m<sup>3</sup>; 芋生長後期至採收期則約 20.8 尾 (12.5 kg)/m<sup>3</sup>。

#### (二) 中密度放養

放養 2,500 尾/公頃。檳榔心芋生長前期及採收之後田區水體放養魚密度約 1.1 尾 (0.7 kg)/m<sup>3</sup>; 芋生長後期至採收期則約 10.4 尾 (6.2 kg)/m<sup>3</sup>。



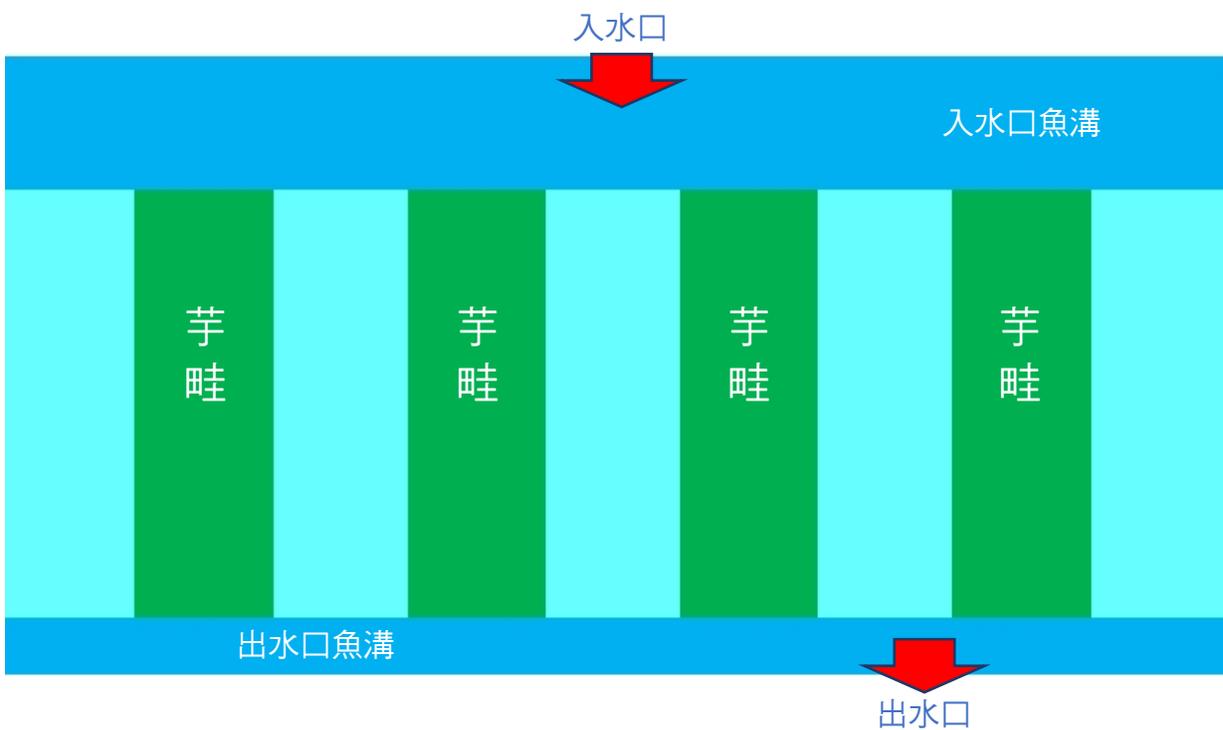
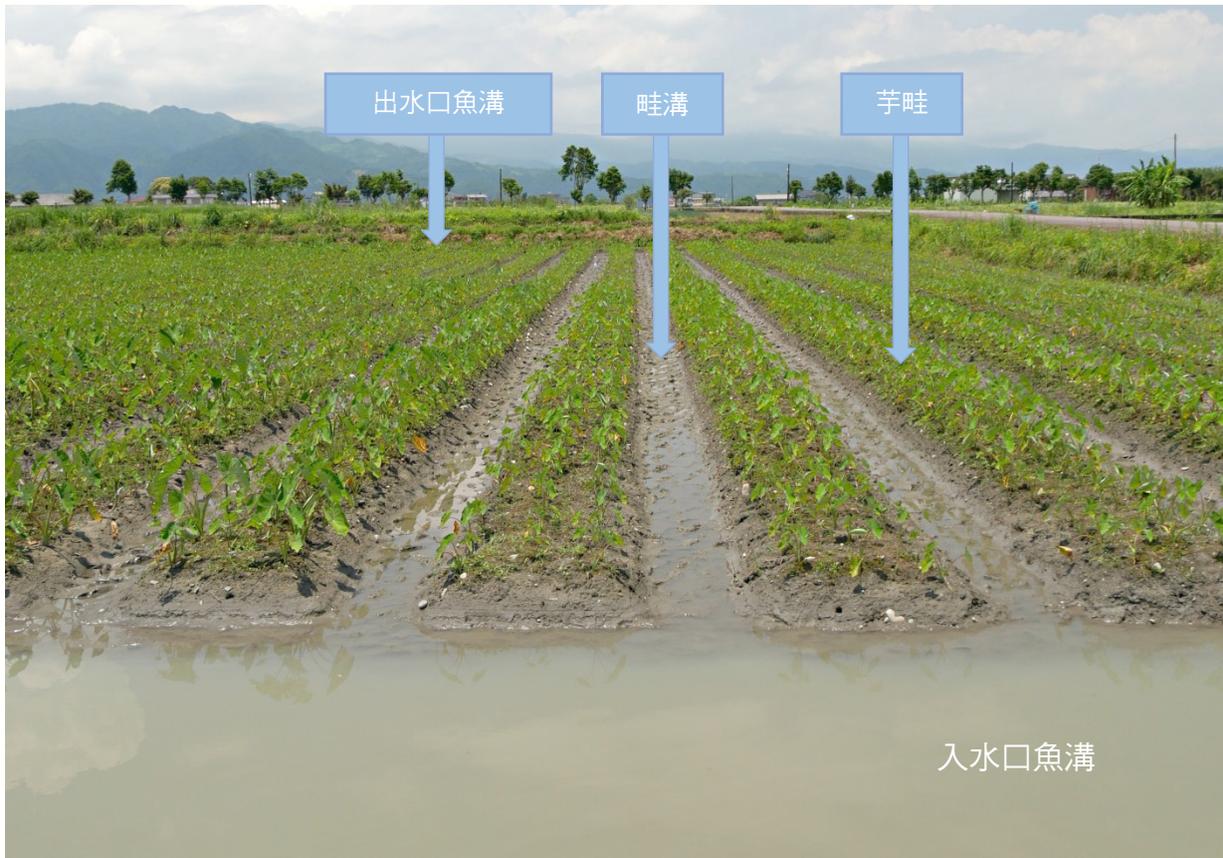


圖 1 魚芋共生試驗田區規劃。長條狀色塊為芋畦，上方為入水口一側之改良式魚溝，下方為排水口一側之改良式魚溝



### (三) 低密度放養

放養 1,250 尾/公頃。檳榔心芋生長前期及採收之後田區水體放養魚密度約 0.6 尾 (0.3 kg)/m<sup>3</sup>；芋生長後期至採收期則約 5.2 尾 (3.1 kg)/m<sup>3</sup>。

### (四) 未放養對照

未設置魚溝及放養魚隻，僅設置芋畦。

## 結果與討論

### 一、共生田放養密度對魚隻的影響

本試驗於宜蘭縣三星鄉行健村有機田區進行，面積約 0.3 公頃。試驗處理係於有機檳榔心芋田中以每公頃分別放養紅尼羅魚 1,250、2,500 及 5,000 尾等三種密度，以評估紅尼羅魚放養對宜蘭地區高畦栽培有機檳榔心芋生產的影響，放養紅尼羅魚單尾重約 550–590 g，放養時間為 6 月中旬，魚隻收穫時間為 10 月下旬。由表 1 結果可看出，在有設「魚溝」的田區，每公頃放養 1,250、2,500 及 5,000 尾紅尼羅魚處理之活存率分別為 65.1、61.2 及 51.5%。以每公頃放養 1,250 及 2,500 尾紅尼羅魚處理活存率較高，5,000 尾處理活存率最低，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魚溝，於供水充足時可見魚隻停留在此處活動，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活存有明顯助益。惟魚溝深度影響魚芋共生場域水體大小甚鉅，特別在檳榔心芋生長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，故對田區魚隻不做餵飼，僅放養初期約每週投放有機米糠作為補充飼料，在 1,250、2,500 及 5,000 尾/公頃處理各投放約 50、100 及 200 kg/公頃 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/公頃處理之魚隻平均重量分別為 670.1、651.3 及 661.5 g/尾，處理間無顯著差異；而魚體分別增重 20.2、12.0 及 15.6% (表 1)，

表 1 檳榔心芋田中放養不同密度紅尼羅魚之魚隻增重和活存率

| 放養密度(尾/公頃) | 放養魚重(g/尾) | 收穫魚重(g/尾) | 魚增重率(%) | 活存率(%) |
|------------|-----------|-----------|---------|--------|
| 1,250      | 557.5     | 670.1     | 20.2    | 65.1   |
| 2,500      | 581.5     | 651.3     | 12.0    | 61.2   |
| 5,000      | 572.3     | 661.5     | 15.6    | 51.5   |

各處理間無顯著差異， $p \geq 0.05$

魚增重率為 (收穫魚重 - 放養魚重)/放養魚重  $\times 100(\%)$





以 1,250 尾處理稍高，5,000 尾處理其次，2,500 尾處理較低。

## 二、魚隻放養密度對檳榔心芋的影響

9 月中旬進行檳榔心芋採收並進行調查，結果顯示共生田區每公頃放養 1,250、2,500 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、211.4、199.7 及 209.8 g，亦無顯著差異；年產量方面，各處理分別為 3,800.9、4,513.4、3,744.4 及 4,227.5 kg/公頃，以 2,500 尾/公頃處理稍高，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/公頃處理較低（表 2）。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。由本次試驗結果可知，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 尾單尾重約 570 g 的紅尼羅魚，其所生產檳榔心芋單粒重及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 尾紅尼羅魚的處理之芋產量更高於未養魚對照組（表 2），可見放養紅尼羅魚對高畦栽培有機檳榔心芋並未有負面效果。

本次試驗期間宜蘭地區因降雨量較少，梅雨季降雨日數及雨量均明顯低於往年，原規劃 5 月上旬梅雨季初期即可放養魚隻，然降雨日數過少致田區供水不足，6 月中旬魚隻放養後降雨狀況亦未達預期，供水不穩且偏少，常有田區停灌的情形，致使本年度魚隻活存率不佳，且檳榔心芋生長亦受供水不穩定而稍有受阻，進而影響整體評估結果代表性，須進行數次試驗評估以確認魚隻放養密度對魚芋共生模式的影響。

據花蓮區農業改良場先前試驗及有機

表 2 紅尼羅魚放養密度對魚芋共生模式之芋採收率、不良品比率、單粒重、年產量及乾物量的影響

| 魚放養密度<br>(尾/公頃) | 採收率<br>(%) | 不良品比率<br>(%) | 單粒重<br>(g) | 年產量<br>(kg/公頃) | 乾物量<br>(%)         |
|-----------------|------------|--------------|------------|----------------|--------------------|
| 0               | 40.3       | 65.7         | 209.8      | 4,227.5        | 34.3 <sup>a</sup>  |
| 1,250           | 37.3       | 66.7         | 203.8      | 3,800.9        | 33.3 <sup>ab</sup> |
| 2,500           | 42.7       | 70.0         | 211.4      | 4,513.4        | 30.3 <sup>b</sup>  |
| 5,000           | 37.5       | 62.5         | 199.7      | 3,744.4        | 31.0 <sup>ab</sup> |

同一欄數值標有不同英文字母者，表示有顯著差異， $p < 0.05$

採收率(%) = 採收粒數/種植株數 × 100(%)

不良品比率(%) = 不良品粒數/採收粒數 × 100(%)；不良品包含球莖外觀有顯著蟲孔、腐爛者

年產量 = 採收率 × 單粒重 × 50,000 (株/公頃)

乾物量(%) = 單粒乾重/單粒鮮重 × 100(%)



檳榔心芋栽培農友經驗顯示，有機栽培檳榔心芋單粒重、品質等相較於慣行栽培者有明顯較差。而本次魚芋共生試驗田區因前期未耕作，試驗前整地作畦並定植芋苗後即大量萌生雜草，雖經人工陸續拔除，惟雜草生長快速致效果不佳，而使檳榔心芋生長前期情況較差，生長緩慢現象持續到中後期，並影響到採收產量；且因數年未翻耕，整地時不易維持精細水平，故作畦後各處理田區水深高低較參差，因此試驗各處理調查所得之採收率、良品率、單粒重、產量等除了較預期為低之外，處理內及處理間表現較不整齊，致使處理間無顯著差異。而芋頭外觀雖較不理想，但因有機生產無法使用化學肥料及防治資材，試驗前即預期其外觀不易維持慣行栽培常見之橢圓形，且依試驗合作農友經驗，有機芋頭出貨對外觀要求較不嚴格，外型較差者出貨價格與外觀較佳者相同，因此外觀表現較差並不影響有機檳榔心芋出貨價格。

### 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、2,500 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 年三星鄉行健村有機芋售價 80 元/kg 估算，對照組檳榔心芋收益為 338.2 千元/公頃，而每公頃放養 1,250、2,500 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/公頃。在紅尼羅魚收益方面，三種處理的魚隻存活率分別為 65.1、61.2 及 51.5%，放養 4.5 個月後魚隻重分別為 670.1、651.3 及 661.5 g/

尾，換算後三種處理之收穫魚重分別為 545.3、996.5 及 1,703.4 kg/公頃。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菱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/公頃 (表 3)。

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、2,500 及 5,000 尾的魚隻成本分別為 95、190 及 380 千元/公頃，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/公頃。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/公頃，成本 8 千元，其他處理則無。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/公頃 (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、2,500 及 5,000 尾三種處理及對照組分別為 15、20、25 及 0 千元/公頃 (表 3)。

由表 3 內容可知，每公頃放養 1,250、2,500 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/公頃，而成本則分別為 283、383、578 及 181 千元/公頃，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/公頃。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/公頃處理表現最佳，

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活存率均受影響，需再進一步探討。

表 3 魚芋共生有機生產效益分析

|                          | 魚放養密度(尾/公頃) |         |         |         | 備註  |
|--------------------------|-------------|---------|---------|---------|---|
|                          | 0           | 1,250   | 2,500   | 5,000   |   |
| 收益(千元/公頃)<br>(檳榔心芋+紅尼羅魚) | 338.2       | 440.4   | 610.2   | 725.9   |   |
| <b>檳榔心芋</b>              |             |         |         |         |   |
| 收穫量(kg/公頃)               | 4,227.5     | 3,800.9 | 4,513.4 | 3,744.4 |   |
| 單價(元/kg)                 | 80          | 80      | 80      | 80      | 有機檳榔心芋 80 元/kg                                  |
| 收益(千元/公頃)                | 338.2       | 304.1   | 361.1   | 300.0   |   |
| <b>紅尼羅魚</b>              |             |         |         |         |   |
| 活存率(%)                   | -           | 65.1    | 61.2    | 51.5    |   |
| 收穫魚重(g/尾)                | -           | 670.1   | 651.3   | 661.5   |   |
| 魚獲量(kg/公頃)               | -           | 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/kg                       |
| 收益(千元/公頃)                | 0           | 136.3   | 249.1   | 425.9   |   |
| 成本(千元/公頃)                | 181.0       | 283.0   | 383.0   | 578.0   |   |
| 紅尼羅魚                     | 0           | 95.0    | 190.0   | 380.0   | 放養尾數×0.57kg/尾×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/公頃                         |
| 有機肥                      | 25          | 25      | 25      | 25      | 100 包(2,000kg)/公頃×250 元/包                       |
| 蟲害(福壽螺)防治                | 8           | 0       | 0       | 0       | 苦茶粕 20 包(400kg)/公頃×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(魚放養及收穫)               | 0           | 15      | 20      | 25      |   |
| 淨收益(千元/公頃)<br>(收益-成本)    | 157.2       | 157.4   | 227.2   | 147.9   |   |



## 參考文獻

- 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): 86-99。
- 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，127-140。
- 林文華 (2013) 「魚菱共生」有機茭白筍栽培新模式。農友，64(11): 6-8。
- 林文華 (2014) 魚菱共生-與環境和諧相處的產業模式。有機誌，88: 82-85。
- 林文華 (2016) 新型態有機休閒組合-「魚菱共生」。有機栽培農法農業專訊，98: 13-16。
- 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。
- 黃祥益、黃賢喜 (1995) 芋。台灣農家要覽 農作篇(二)，豐年社編印，295-300。
- 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。
- Chen, C. T. and W. H. Lin (2013) Innovative management of ecological agriculture in R.O.C. *In* Center of Excellent on Green Productivity, Asian Productivity Organization, China Productivity, 14-19.

