

# 停灌措施對渠道流量及水質之影響

## The impact of Irrigation Water Pollution and Water Flow in Irrigation Suspended Period

|              |                    |                 |             |
|--------------|--------------------|-----------------|-------------|
| 財團法人農業工程研究中心 | 行政院農業委員會農田水利署臺中管理處 |                 |             |
| 助理研究員        | 研究員                | 管理師兼輔導室主任       | 助理管理師       |
| 譚允維          | 陳豐文                | 黃俊雄             | 古蕙銘         |
| Yun-Wei Tan  | Feng-Wen Chen      | Chun-Tsun Huang | Hui-Ming Gu |

### 摘 要

臺灣於 2020 年面臨嚴重百年來之大旱、水情嚴峻，行政院農業委員會公告臺中灌區高約 2 萬公頃之灌區於 2021 年第 1 期作停灌。由於臺中地區農村、工商業區域複雜，在無灌溉水源補助下，灌溉渠道雖已暫停輸水功能，但仍有承受都市、生活污水，甚至是工業廢水污染之風險，因此於本年度停灌措施下調查停止供水圳路之水量水質變化調查，調查頻率與次數為每月 1 次、共調查 7 次，前 3 次為停灌期間、後 4 次為恢復供灌期間。此外，本研究應用內梅羅指數於水質污染程度之量化指標，結果顯示於停灌期間之內梅羅指數明顯高於恢復供灌期間，停灌期間屬於污染及危害等級之比例分別為 12.9% 及 18.3%，恢復供灌後分別降至 3.2% 及 0.8%，顯示停灌期間水質可能受到影響而惡化，恢復供灌後由於高流量會將渠道內累積之污染物沖刷帶走，水質將可獲得改善。因此本研究將針對停灌措施或復灌供水下，提出相關之因應對策及操作管理作為參酌。

關鍵詞：停灌措施、乾旱事件、灌溉水質

### Abstract

In 2020, in response to the most serious drought event, approximately 20,000 ha had been suspended from irrigation of the 1st crop in 2021 in the TMO area (Taichung Management Office). Without irrigation water supply, water in irrigation canals would be domestic or industrial sewage due to complex mixed drainage systems in urban and rural areas. The relationship between water quality and flow quantity has been established by 7 monthly water samplings where the first 3 samplings are in the suspended irrigation period and the other 4 samplings are in the normal irrigation period. NPI (Nemerow Pollution Index) is used to assess water pollution, the results show that the NPI in suspended irrigation period is significantly higher than normal irrigation period. Heavy and moderate pollution accounts

for 12.9% and 18.3% respectively in the suspended irrigation period, while decreasing to 3.2% and 0.8% in the normal irrigation period. Water quality would be deteriorated in the suspended irrigation period, and get improved in the normal irrigation period as pollution in channels flushed by high water flow; therefore, corresponding suggestions and advices would be proposed while in suspended irrigation period.

Keywords: Suspended Irrigation Measure, Drought Events, Irrigation Water Quality.

## 一、前言

臺灣降雨量豐沛，然而降雨時空分布不均、豐枯比懸殊，山高坡陡、水流湍急，水資源蓄存不易，臺灣中部以行政院農業委員會農田水利署臺中管理處(以下簡稱：臺中管理處)灌區為主，由於缺乏水庫等大型蓄水設施調節灌溉水源，屬於河川取水型灌區，若降雨不足則容易造成農業用水缺乏之窘境。2020 年為 1964 年以來首次無颱風侵臺，為 56 年來最大乾旱事件(農工中心，2021a)，6~10 月上旬各水庫集水區降雨量為歷史平均值 2~6 成、水情嚴峻，由於降雨量未能有效供應農業、工業、民生用水，農業用水由於占比使用高達七成且產值較工業低，多需配合調度而被移用，因此行政院農業委員會(以下簡稱：農委會)公告全臺灣於 2020 年 2 期作即辦理多處停灌，臺中管理處灌區辦理停灌之灌區為大安溪下游之苑裡、山腳灌區約 2,682 ha(農工中心，2021b)，隔年 2021 年由於旱象未解，於第 1 期作臺中、苗栗及新竹等地區仍持續停灌，臺中管理處除了大安溪及大甲溪上游灌區(卓蘭、東勢)及烏溪水系(大里、大肚)未受影響外，其餘將近六成灌區均辦理，停灌面積高達 20,062 公頃(農工中心，2021c)。臺中管理處灌區住宅區、工業區及農業區交錯複雜，若相關生活污水、工業廢水等排水未能妥善處理，則可能藉由道路側溝、區域排水等途徑造成水質、灌區農地等污染，又由於大部分灌區暫停提供灌溉輸水服務，若無較乾淨之灌溉原水稀釋則可能造成渠道水質惡化(農工中心，2021c)，而同年春季梅雨及夏季颱風供應水量緩解水資源不足之現象，第 2 期作則恢復供灌。為掌握臺中灌區停灌期間在無灌溉水源供應下渠道水體之污染程度，本研究藉由定期性調查監測來探討停灌與恢復供灌期間水質、流量變化，定期性調查分別包含 4~6 月停灌期間 3 次及 7~10 月恢復供灌 4 次調查總計有 7 次水質、流量調查成果，而為了評估水質污染狀況，本研究參考環境水土污染量化常用之內梅羅指數進行評估(Ammar, 2017、環保署，2018、劉觀銘等，1995)，進一步與渠道流量觀測成果進行探討，以掌握停灌與恢復供灌與水質污染之關係。

## 二、材料與方法

### (一).研究區域概述

本研究區域為臺中管理處灌區，為了針對住宅區、工業區與農業區交錯較為複雜及污染較嚴重之區域進行停灌與恢復供灌期間調查，針對苑裡圳 2 處監測點、日南圳 8 處監測點、八寶圳 5 處監測點、葫蘆墩圳 7 處監測點、五福圳 3 處監測點、大突寮圳及阿

噶哩圳 5 處監測點、知高本圳 1 處監測點等共計有 31 處調查點，調查期間為 2021 年 4 月至 10 月，調查頻率為每個月 1 次，其中 4 至 6 月共 3 次調查為第 1 期作停灌期間，7 至 10 月共 4 次調查為第 2 期作恢復供灌期間，總計有 7 次調查、217 處次調查成果，有關調查點位分布如圖 1 所示。

## (二).灌溉水質基準值與本研究水質檢測項目

為評估灌溉水體之水質，水質檢測項目 2021 年 11 月公告之農田灌溉排水管理辦法第 20 條之灌溉水質基準值為依據，水質檢測項目分成品質項目 10 項與管制項目 9 項，本研究品質項目檢測之項目有：溶氧(DO)、電導度(EC)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)及懸浮固體物(SS)等 4 項，管制項目檢測之項目則有：酸鹼值(pH)、銅(Cu)、鎘(Cd)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、總鉻(Cr)、鎳(Ni)、砷(As)及汞(Hg)等 9 項，檢測項目與灌溉水質基準值如表 1 所示。

表 1 灌溉水質基準值與本研究檢測項目比較

| 品質項目                                | 單位                     | 限值   | 本研究<br>調查項目 | 管制項目   | 單位   | 限值      | 本研究<br>調查項目 |
|-------------------------------------|------------------------|------|-------------|--------|------|---------|-------------|
| 導電度(EC)                             | μS/cm                  | 750  | ○           | 總鉻(Cr) | mg/L | 0.1     | ○           |
| 懸浮固體(SS)                            | mg/L                   | 100  | ○           | 鎳(Ni)  | mg/L | 0.2     | ○           |
| 氨氮(NH <sub>3</sub> -N)              | mg/L                   | 3.0  | ○           | 銅(Cu)  | mg/L | 0.2     | ○           |
| 鈉吸著率(SAR)                           | (meq/L) <sup>1/2</sup> | 6.0  |             | 鋅(Zn)  | mg/L | 2.0     | ○           |
| 殘餘碳酸鈉(RSC)                          | meq/L                  | 2.5  |             | 鎘(Cd)  | mg/L | 0.01    | ○           |
| 氯鹽(Cl <sup>-</sup> )                | mg/L                   | 175  |             | 鉛(Pb)  | mg/L | 0.1     | ○           |
| 硫酸鹽(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) | mg/L                   | 200  |             | 砷(As)  | mg/L | 0.05    |             |
| 溶氧(DO)                              | mg/L                   | >3.0 | ○           | 汞(Hg)  | mg/L | 0.002   |             |
| 陰離子界面活性劑                            | mg/L                   | 5.0  |             | pH     | mg/L | 6.0-9.0 | ○           |
| 油脂                                  | mg/L                   | 5.0  |             |        |      |         |             |

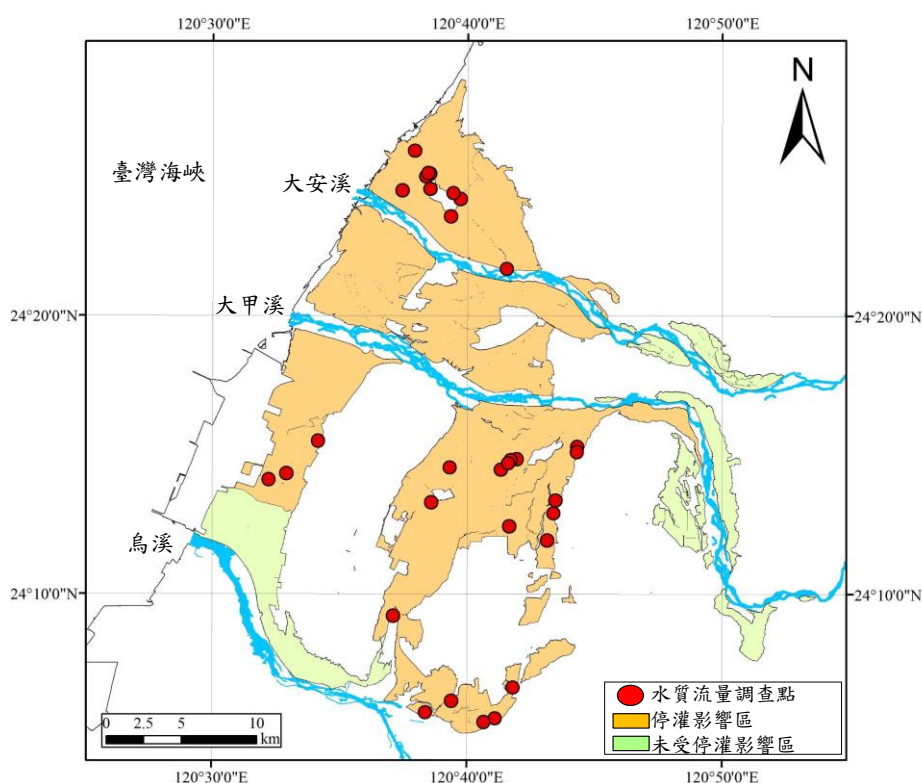


圖 1 本研究區域—臺中管理處灌區

### (三).流量測定方法概述

流量測定方面主要利用斷面流速法進行測定，；流量測定時之渠道斷面劃分採用平均斷面法(Mean-Section method)；平均斷面法假定河川通水斷面由多個不同梯形子斷面組成，各子斷面平均流速為兩相鄰垂線平均流速之平均值，將各子斷面之平均流速與對應子斷面積，其乘積累計為總流量。

流量測定主要的兩大參數為流速及斷面參數的取得，現場流量測定項目主要為觀測水流的通水斷面積(A)與水流的平均流速(V)。通水斷面積(A)之量測以鋼尺或箱尺為主要量測工具；流速設備方面主要以雷達波流速儀與都卜勒流速儀互相搭配使用，兩種流速儀於渠道實測範例如圖 2 所示。



圖 2 渠道流量實測操作示意圖

### (四).內梅羅指數評價等級

水質污染程度之評估，本研究應用內梅羅指數作為水體污染狀態指標，內梅羅指數法為多項污染項目中常運用之綜合型單因子污染指數法(Ammar, 2017、環保署，2018、劉觀銘等，1995)，除了評估多因子環境質量指數之平均值外，更凸顯出最大污染物危害特性，評估結果較能所代表性，更能夠較全面性地反應污染程度(農工中心，2021c)，其計算式如(1)式~(3)式：

$$P_n = \sqrt{\frac{P_i^2 + P_{i-\max}^2}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$P_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{C_{si}} \right)}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$P_{i-\max} = \frac{C_{\max}}{C_s} = \max \left( \frac{C_1}{C_{s1}}, \frac{C_2}{C_{s2}}, \frac{C_3}{C_{s3}}, \dots, \frac{C_n}{C_{sn}} \right) \dots\dots\dots (3)$$

式中： $P_n$  為內梅羅指數， $P_i$  為各項之污染指數， $P_{i-\max}$  為最大單項污染指數， $C_i$  為  $i$  污染物實測值， $C_{si}$  為單項污染物標準值， $n$  為受評估污染物指標個數， $C_s$  為污染程度最大之污染物標準值。

由上述 3 式即為內梅羅指數之計算方式用以評估水體之污染程度，此外內梅羅指數依據其值大小而有不同之污染程度分級，共可分成 5 個等級，分別為優良等級( $P_n < 0.7$ )、安全等級( $0.7 \leq P_n < 1.0$ )、警戒等級( $1.0 \leq P_n < 2.0$ )、污染等級( $2.0 \leq P_n < 3.0$ )及危害等級( $3.0 < P_n$ )，將針對內梅羅指數之不同等級進行評價。

### 三、研究結果與討論

#### (一).研究結果

##### A.水質監測成果

本研究水質檢測調查成果如表 2~表 8，表格資料符號級單位統一說明如下：Ave. 表示平均值；DO 極值為最小值，其餘極值均為最大；**粗體**之數值表示超過灌溉水質基準值；表格所列水質項目之單位，pH 無單位、EC 為  $\mu\text{mho}/\text{cm}25^{\circ}\text{C}$ ，其餘項目均為  $\text{mg}/\text{L}$ 。

本研究利用表 1 之灌溉水質基準值為標準進行超標與否之判定，成果顯示灌溉水質基準值品質項目中大多圳路均有氨氮超標現象，其中少部分點位有 EC 超標、溶氧不足或 SS 過高現象，氨氮超標較嚴重者為八寶圳、葫蘆墩圳、五福圳、大突寮圳，其中最大值發生於葫蘆墩圳第 1 次採樣濃度  $337 \text{ mg}/\text{L}$ ，EC 超標較嚴重者為日南圳及葫蘆墩圳，最大值發生於葫蘆墩圳第 2 次採樣濃度  $1,467 \mu\text{mho}/\text{cm}25^{\circ}\text{C}$ ，SS 超標較嚴重者有苑裡圳、日南圳、八寶圳及葫蘆墩圳；管制項目 pH 超標有苑裡圳、日南圳，管制項目中發現重金屬超標之點位有日南圳、八寶圳鎳超標，其超標時間均發生於第 3 次採樣(停灌)，超標之鎳濃度分別為  $0.32 \text{ mg}/\text{L}$  及  $0.29 \text{ mg}/\text{L}$ ，大突寮圳鉻超標同樣發生於第 3 次採樣(停灌)，其超標之鉻濃度為  $0.13 \text{ mg}/\text{L}$ ，及葫蘆墩圳鎘超標發生於第 6 次採樣(復灌)，而苑裡圳、五福圳及知高本圳歷次調查成果則均未發現管制項目有超標現象。

表 2 苑裡圳水質監測成果

| 項目                 | 第 1 次<br>(停灌) |            | 第 2 次<br>(停灌) |            | 第 3 次<br>(停灌) |             | 第 4 次<br>(復灌) |             | 第 5 次<br>(復灌) |      | 第 6 次<br>(復灌) |      | 第 7 次<br>(復灌) |      |
|--------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|
|                    | Ave.          | 極值         | Ave.          | 極值         | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   |
| DO                 | 8.61          | 8.35       | 9.40          | 8.72       | 4.34          | 4.08        | <b>1.44</b>   | <b>1.37</b> | 3.43          | 3.32 | 3.50          | 3.46 | 3.79          | 3.78 |
| EC                 | 742           | <b>752</b> | <b>790</b>    | <b>815</b> | 211           | 233         | 380           | 386         | 320           | 333  | 303           | 308  | 365           | 395  |
| NH <sub>3</sub> -N | ND            | ND         | 0.40          | 0.64       | 0.49          | 0.49        | 2.41          | <b>4.44</b> | 0.23          | 0.24 | 0.01          | 0.02 | 0.06          | 0.06 |
| SS                 | <b>150</b>    | <b>200</b> | 88            | 92         | 41            | 62          | 18            | 28          | 13            | 14   | 11            | 12   | 70            | 88   |
| pH                 | 7.83          | 8.07       | 8.55          | 8.70       | 8.93          | <b>9.39</b> | 8.54          | 8.95        | 7.38          | 7.39 | 8.13          | 8.48 | 8.13          | 8.29 |
| Cu                 | ND            | ND         | ND            | ND         | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Cd                 | ND            | ND         | ND            | ND         | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Pb                 | ND            | ND         | ND            | ND         | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Zn                 | 0.02          | 0.02       | 0.01          | 0.01       | 0.03          | 0.04        | ND            | ND          | 0.02          | 0.03 | 0.04          | 0.06 | ND            | ND   |
| Cr                 | ND            | ND         | ND            | ND         | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Ni                 | ND            | ND         | ND            | ND         | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |

表 3 日南圳水質監測成果

| 項目                 | 第 1 次<br>(停灌) |            | 第 2 次<br>(停灌) |              | 第 3 次<br>(停灌) |             | 第 4 次<br>(復灌) |             | 第 5 次<br>(復灌) |             | 第 6 次<br>(復灌) |      | 第 7 次<br>(復灌) |      |
|--------------------|---------------|------------|---------------|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------|---------------|------|
|                    | Ave.          | 極值         | Ave.          | 極值           | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   |
| DO                 | 7.30          | 4.67       | 8.24          | 5.31         | 5.05          | 3.87        | 6.89          | 3.76        | 3.06          | <b>2.25</b> | 3.62          | 3.27 | 3.52          | 3.03 |
| EC                 | 616           | <b>890</b> | 709           | <b>1,045</b> | 347           | 507         | 371           | 596         | 467           | 693         | 372           | 591  | 407           | 637  |
| NH <sub>3</sub> -N | 0.05          | 0.37       | 1.21          | <b>5.16</b>  | 0.34          | 1.37        | 0.86          | 2.64        | 1.41          | <b>8.84</b> | 0.40          | 1.24 | 0.37          | 0.57 |
| SS                 | 43            | <b>150</b> | 50            | <b>225</b>   | 23            | 46          | 86            | <b>210</b>  | 83            | <b>305</b>  | 8             | 16   | 10            | 36   |
| pH                 | 7.69          | 8.17       | 7.97          | 8.52         | 7.69          | 8.02        | 8.18          | <b>9.56</b> | 7.28          | 7.43        | 7.32          | 7.63 | 7.27          | 7.68 |
| Cu                 | ND            | ND         | ND            | ND           | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Cd                 | ND            | ND         | ND            | ND           | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Pb                 | ND            | ND         | ND            | ND           | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Zn                 | 0.03          | 0.05       | 0.02          | 0.06         | 0.01          | 0.04        | 0.03          | 0.05        | 0.03          | 0.05        | 0.02          | 0.08 | 0.04          | 0.10 |
| Cr                 | ND            | ND         | ND            | ND           | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Ni                 | ND            | ND         | 0.00          | 0.01         | 0.04          | <b>0.32</b> | 0.00          | 0.01        | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   |

表 4 八寶圳水質監測成果

| 項目                 | 第 1 次<br>(停灌) |             | 第 2 次<br>(停灌) |             | 第 3 次<br>(停灌) |             | 第 4 次<br>(復灌) |             | 第 5 次<br>(復灌) |             | 第 6 次<br>(復灌) |             | 第 7 次<br>(復灌) |      |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------|
|                    | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值   |
| DO                 | 3.61          | <b>1.90</b> | 5.71          | 4.22        | <b>2.74</b>   | <b>1.38</b> | 3.02          | <b>1.74</b> | 5.10          | 4.13        | 3.78          | 3.40        | 3.19          | 3.00 |
| EC                 | 266           | 304         | 396           | 543         | 218           | 271         | 147           | 173         | 162           | 224         | 202           | 304         | 183           | 219  |
| NH <sub>3</sub> -N | <b>9.80</b>   | <b>17.1</b> | <b>9.14</b>   | <b>9.91</b> | <b>6.57</b>   | <b>14.1</b> | 1.34          | 2.40        | 1.78          | <b>5.55</b> | 1.35          | <b>3.35</b> | 0.66          | 0.86 |
| SS                 | 0             | 0           | 6             | 25          | 16            | 27          | 19            | 25          | 20            | 73          | 33            | <b>110</b>  | 11            | 22   |
| pH                 | 7.81          | 8.76        | 8.08          | 8.72        | 7.21          | 7.62        | 7.88          | 8.18        | 7.59          | 8.39        | 6.70          | 6.92        | 7.17          | 7.42 |
| Cu                 | 0.12          | 0.12        | 0.05          | 0.05        | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Cd                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Pb                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Zn                 | 0.02          | 0.04        | 0.02          | 0.03        | 0.01          | 0.01        | 0.03          | 0.03        | 0.03          | 0.04        | 0.04          | 0.06        | 0.02          | 0.02 |
| Cr                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Ni                 | 0.05          | 0.17        | 0.04          | 0.11        | 0.08          | <b>0.29</b> | 0.02          | 0.09        | ND            | ND          | ND            | ND          | 0.02          | 0.06 |

表 5 葫蘆墩圳水質監測成果

| 項目                 | 第 1 次<br>(停灌) |             | 第 2 次<br>(停灌) |              | 第 3 次<br>(停灌) |          | 第 4 次<br>(復灌) |             | 第 5 次<br>(復灌) |             | 第 6 次<br>(復灌) |             | 第 7 次<br>(復灌) |             |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|--------------|---------------|----------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|                    | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值           | Ave.          | 極值       | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          |
| DO                 | 3.66          | <b>0.83</b> | 4.28          | <b>0.33</b>  | 5.11          | 3.22     | 3.06          | <b>0.79</b> | 3.74          | <b>1.65</b> | 3.83          | 3.33        | 3.32          | <b>2.97</b> |
| EC                 | 429           | <b>864</b>  | 541           | <b>1,467</b> | 224           | 344      | 309           | <b>851</b>  | 178           | 320         | 314           | 710         | 186           | 240         |
| NH <sub>3</sub> -N | <b>48</b>     | <b>337</b>  | <b>19</b>     | <b>64</b>    | 2             | <b>5</b> | <b>5</b>      | <b>10</b>   | 1             | 2           | <b>4</b>      | <b>17</b>   | 1             | 1           |
| SS                 | 39            | <b>100</b>  | 28            | <b>150</b>   | 6             | 29       | 40            | 65          | 6             | 26          | 21            | 88          | 36            | <b>170</b>  |
| pH                 | 7.40          | 8.34        | 7.47          | 8.35         | 7.51          | 8.10     | 7.37          | 7.66        | 7.24          | 7.61        | 6.69          | 7.85        | 7.23          | 7.81        |
| Cu                 | ND            | ND          | ND            | ND           | ND            | ND       | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          |
| Cd                 | ND            | ND          | ND            | ND           | ND            | ND       | ND            | ND          | ND            | ND          | 0.00          | <b>0.02</b> | ND            | ND          |
| Pb                 | ND            | ND          | ND            | ND           | ND            | ND       | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          |
| Zn                 | 0.03          | 0.08        | 0.02          | 0.04         | 0.01          | 0.04     | 0.08          | 0.32        | 0.02          | 0.04        | 0.11          | 0.52        | 0.02          | 0.02        |
| Cr                 | 0.06          | 0.09        | 0.06          | 0.06         | ND            | ND       | 0.02          | 0.02        | ND            | ND          | 0.06          | 0.08        | 0.03          | 0.03        |
| Ni                 | 0.04          | 0.09        | 0.04          | 0.16         | 0.03          | 0.05     | 0.01          | 0.01        | 0.00          | 0.00        | 0.02          | 0.03        | ND            | ND          |

表 6 五福圳水質監測成果

| 項目                 | 第 1 次<br>(停灌) |             | 第 2 次<br>(停灌) |             | 第 3 次<br>(停灌) |             | 第 4 次<br>(復灌) |      | 第 5 次<br>(復灌) |      | 第 6 次<br>(復灌) |             | 第 7 次<br>(復灌) |      |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------|---------------|------|---------------|-------------|---------------|------|
|                    | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值   |
| DO                 | 3.67          | <b>2.34</b> | <b>2.20</b>   | <b>0.70</b> | 3.91          | <b>2.35</b> | 3.75          | 3.59 | 3.90          | 3.76 | 4.10          | 4.08        | 3.36          | 3.16 |
| EC                 | 430           | 682         | 352           | 440         | 193           | 245         | 248           | 268  | 188           | 219  | 251           | 256         | 219           | 247  |
| NH <sub>3</sub> -N | <b>6.85</b>   | <b>14.1</b> | <b>5.66</b>   | <b>6.36</b> | 2.40          | 2.53        | 0.50          | 0.57 | 0.82          | 1.03 | 2.44          | <b>3.84</b> | 0.11          | 0.17 |
| SS                 | 10            | 29          | 1             | 2           | 8             | 12          | 50            | 55   | 1             | 2    | 34            | 49          | 19            | 26   |
| pH                 | 7.62          | 7.97        | 7.76          | 8.34        | 7.80          | 8.03        | 8.15          | 8.21 | 6.95          | 7.07 | 7.36          | 7.44        | 7.48          | 7.82 |
| Cu                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Cd                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Pb                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Zn                 | 0.01          | 0.01        | 0.01          | 0.01        | ND            | 0.01        | 0.03          | 0.03 | 0.03          | 0.05 | 0.02          | 0.04        | 0.01          | 0.02 |
| Cr                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND   |
| Ni                 | ND            | ND          | ND            | 0.01        | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND   |

表 7 大突寮圳及阿嘸哩圳水質監測成果

| 項目                 | 第 1 次<br>(停灌) |             | 第 2 次<br>(停灌) |             | 第 3 次<br>(停灌) |             | 第 4 次<br>(復灌) |      | 第 5 次<br>(復灌) |      | 第 6 次<br>(復灌) |             | 第 7 次<br>(復灌) |             |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|------|---------------|------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|                    | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值          | Ave.          | 極值          |
| DO                 | 4.19          | <b>2.03</b> | 3.35          | <b>2.33</b> | 4.05          | 3.37        | 4.09          | 3.14 | 4.67          | 3.77 | 3.41          | <b>2.97</b> | 3.63          | 3.14        |
| EC                 | 357           | 417         | 365           | 475         | 195           | 251         | 239           | 265  | 245           | 257  | 237           | 317         | 248           | 283         |
| NH <sub>3</sub> -N | <b>7.14</b>   | <b>12.8</b> | <b>8.44</b>   | <b>14.8</b> | 1.93          | <b>5.12</b> | 1.25          | 1.96 | 0.77          | 1.62 | 1.08          | 2.44        | 2.64          | <b>3.65</b> |
| SS                 | 23            | 33          | 7             | 35          | 10            | 22          | 22            | 30   | 6             | 18   | 8             | 20          | 30            | 58          |
| pH                 | 7.60          | 8.56        | 7.45          | 7.66        | 7.73          | 8.05        | 7.34          | 7.49 | 7.07          | 7.36 | 7.18          | 7.27        | 7.46          | 8.73        |
| Cu                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND          |
| Cd                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND          |
| Pb                 | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND          | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND          | ND            | ND          |
| Zn                 | 0.03          | 0.05        | 0.05          | 0.10        | 0.05          | 0.16        | 0.04          | 0.06 | 0.03          | 0.04 | 0.05          | 0.10        | 0.02          | 0.04        |
| Cr                 | 0.01          | 0.02        | 0.01          | 0.01        | <b>0.11</b>   | <b>0.13</b> | ND            | ND   | ND            | ND   | 0.01          | 0.01        | 0.01          | 0.02        |
| Ni                 | 0.10          | 0.11        | 0.08          | 0.17        | 0.03          | 0.04        | 0.02          | 0.03 | 0.01          | 0.02 | ND            | ND          | 0.01          | 0.02        |

表 8 知高本圳水質監測成果

| 項目                 | 第 1 次<br>(停灌) |      | 第 2 次<br>(停灌) |      | 第 3 次<br>(停灌) |      | 第 4 次<br>(復灌) |      | 第 5 次<br>(復灌) |      | 第 6 次<br>(復灌) |      | 第 7 次<br>(復灌) |      |
|--------------------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|
|                    | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   | Ave.          | 極值   |
| DO                 | 9.73          | 9.73 | 5.82          | 5.82 | 6.50          | 6.50 | 4.61          | 4.61 | 7.77          | 7.77 | 4.61          | 4.61 | 3.28          | 3.28 |
| EC                 | 299           | 299  | 481           | 481  | 345           | 345  | 259           | 259  | 234           | 234  | 343           | 343  | 273           | 273  |
| NH <sub>3</sub> -N | ND            | ND   | 0.90          | 0.90 | 0.26          | 0.26 | 0.85          | 0.85 | 0.03          | 0.03 | 0.17          | 0.17 | 0.46          | 0.46 |
| SS                 | 0             | 0    | 10            | 10   | 2             | 2    | 21            | 21   | 8             | 8    | 4             | 4    | 6             | 6    |
| pH                 | 6.86          | 6.86 | 8.56          | 8.56 | 8.98          | 8.98 | 6.85          | 6.85 | 6.89          | 6.89 | 8.11          | 8.11 | 8.50          | 8.50 |
| Cu                 | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Cd                 | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Pb                 | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Zn                 | 0.02          | 0.02 | 0.03          | 0.03 | ND            | ND   | 0.05          | 0.05 | 0.04          | 0.04 | 0.04          | 0.04 | ND            | ND   |
| Cr                 | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |
| Ni                 | ND            | ND   | 0.01          | 0.01 | ND            | ND   | 0.01          | 0.01 | ND            | ND   | ND            | ND   | ND            | ND   |

## B. 流量觀測成果

流量觀測調查成果如表 9 所示，成果顯示苑裡圳停灌期間平均流量 0.017~0.037 cms，復灌期間平均流量 0.009~0.066 cms，最小流量發生於第 2 及第 4 次調查為 0.008 cms，最大流量發生於第 7 次調查為 0.066 cms，最大流量與最小流量比值為 66 倍；日南圳停灌期間平均流量 0.088~0.161 cms，復灌期間平均流量 0.058~0.25 cms，最小流量發生於第 3 次調查幾乎無水流動，最大流量發生於第 7 次調查為 0.25 cms，最大流量與最小流量比值為 1,601 倍、流量差異懸殊，顯見停灌與恢復供灌之流量差異甚大；八寶圳停灌期間平均流量 0.049~0.097 cms，復灌期間平均流量為 0.233~0.544 cms，最小流量發生於第 2 次調查幾乎無水流動，最大流量發生於第 6 次調查為 1.902 cms，最大流量與最小流量比值為 1,902 倍、流量差異較日南圳更為懸殊，顯示八寶圳停灌與恢復供灌之流量差異甚大；葫蘆墩圳停灌期間平均流量 0.007~0.047 cms，復灌期間平均流量 0.064~0.183 cms，最小流量發生於第 2 及第 3 次調查為 0.001 cms，最大流量發生於第 7 次調查為 0.675 cms，最大流量與最小流量比值為 703 倍；五福圳停灌期間平均流量 0.022~0.028 cms，復灌期間平均流量 0.109~0.307 cms，最小流量發生於第 2 次調查 0.001 cms，最大流量發生於第 7 次調查為 0.457 cms，最大流量與最小流量比值為 457 倍；大突寮圳停灌期間平均流量 0.167~0.225 cms，復灌期間平均流量 0.156~0.269 cms，最小流量發生於第 3 次調查 0.006 cms，最大流量發生於第 4 次調查為 0.966 cms，最大流量與最小流量比值為 161 倍；知高本圳停灌期間平均流量 0.321~0.465 cms，復灌期間平均流量 0.354~0.587 cms，最小與最大流量分別發生於第 3、4 次調查為 0.321 cms、0.587 cms，最大流量與最小流量比值為 1.83 倍，顯示停灌與恢復供灌期間其流量差異無明顯變化。

## C. 水質歷監測數據之內梅羅指數

針對總共 7 次採樣各點次之水質利用(1)式~(3)式分別計算出各處次之內梅羅指數，並依照不同圳路分別計算其相關統計量如表 10 所示，由於內梅羅指數公式中考慮最大權因子(水質數據與灌溉水質基準值比值最大者，即污染程度最嚴重之水質項目)，故另將各圳路最大權之水質項目納入考量，可歸納出各圳路主要污染之水質項目為何，

以各圳路之內梅羅指數平均值可以觀察到八寶圳、葫蘆墩圳、大突寮圳及阿嘓哩圳之內梅羅指數相對較高，其中以停灌期間第 2 次採樣葫蘆墩圳之 4.205 為最高，另觀察最大水質權重可發現氨氮為主要權重或超標項目，尤其以八寶圳、葫蘆墩圳...等地區影響最為嚴重，知高本圳部分由於內梅羅指數低，水質項目均符合標準、水質狀況相對良好，故無需針對最大水質權重另作探討。此外，將歷次採樣點位之水質數據利用內梅羅指數評價等級結果繪製如圖 3 所示，顯示於停灌期間第 1、2 次採樣時危害或污染等級之點位較多，且多分布於臺中灌區之中部葫蘆墩圳、八寶圳或南方大突寮圳灌區，恢復供灌之後前述危害或污染點次逐漸轉變為安全或優良等級，而位於臺中灌區北方之日南圳、苑裡圳則普遍多為安全或優良等級。

表 9 各圳路歷次流量觀測成果

| 次序            | 項目   | 苑裡圳   | 日南圳   | 八寶圳   | 葫蘆墩圳  | 五福圳   | 大突寮圳<br>阿嘓哩圳 | 知高本圳  |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|
| 第 1 次<br>(停灌) | Ave. | 0.037 | 0.161 | 0.097 | 0.020 | 0.026 | 0.196        | 0.465 |
|               | Max. | 0.054 | 0.983 | 0.278 | 0.096 | 0.051 | 0.733        | 0.465 |
|               | Min. | 0.021 | 0.007 | 0.001 | 0.002 | 0.007 | 0.028        | 0.465 |
|               | SD.  | 0.024 | 0.334 | 0.126 | 0.034 | 0.022 | 0.302        | -     |
| 第 2 次<br>(停灌) | Ave. | 0.017 | 0.094 | 0.049 | 0.007 | 0.046 | 0.225        | 0.394 |
|               | Max. | 0.026 | 0.584 | 0.178 | 0.032 | 0.133 | 0.863        | 0.394 |
|               | Min. | 0.008 | 0.003 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.036        | 0.394 |
|               | SD.  | 0.013 | 0.198 | 0.074 | 0.011 | 0.075 | 0.357        | -     |
| 第 3 次<br>(停灌) | Ave. | 0.017 | 0.088 | 0.090 | 0.047 | 0.028 | 0.167        | 0.321 |
|               | Max. | 0.021 | 0.478 | 0.420 | 0.192 | 0.055 | 0.581        | 0.321 |
|               | Min. | 0.013 | 0.000 | 0.003 | 0.001 | 0.009 | 0.006        | 0.321 |
|               | SD.  | 0.006 | 0.161 | 0.185 | 0.066 | 0.024 | 0.237        | -     |
| 第 4 次<br>(復灌) | Ave. | 0.009 | 0.248 | 0.233 | 0.115 | 0.307 | 0.269        | 0.587 |
|               | Max. | 0.010 | 1.047 | 0.536 | 0.703 | 0.393 | 0.966        | 0.587 |
|               | Min. | 0.008 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.219 | 0.034        | 0.587 |
|               | SD.  | 0.001 | 0.389 | 0.225 | 0.260 | 0.087 | 0.392        | -     |
| 第 5 次<br>(復灌) | Ave. | 0.012 | 0.058 | 0.266 | 0.183 | 0.130 | 0.197        | 0.516 |
|               | Max. | 0.015 | 0.134 | 0.943 | 0.541 | 0.196 | 0.669        | 0.516 |
|               | Min. | 0.009 | 0.001 | 0.002 | 0.014 | 0.051 | 0.026        | 0.516 |
|               | SD.  | 0.004 | 0.056 | 0.383 | 0.244 | 0.073 | 0.267        | -     |
| 第 6 次<br>(復灌) | Ave. | 0.032 | 0.122 | 0.544 | 0.064 | 0.109 | 0.156        | 0.354 |
|               | Max. | 0.033 | 0.551 | 1.902 | 0.296 | 0.228 | 0.569        | 0.354 |
|               | Min. | 0.032 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.044 | 0.020        | 0.354 |
|               | SD.  | 0.001 | 0.181 | 0.780 | 0.107 | 0.103 | 0.235        | -     |
| 第 7 次<br>(復灌) | Ave. | 0.048 | 0.250 | 0.420 | 0.172 | 0.252 | 0.222        | 0.536 |
|               | Max. | 0.066 | 1.601 | 1.471 | 0.675 | 0.457 | 0.864        | 0.536 |
|               | Min. | 0.030 | 0.005 | 0.006 | 0.009 | 0.038 | 0.024        | 0.536 |
|               | SD.  | 0.026 | 0.549 | 0.623 | 0.248 | 0.210 | 0.361        | -     |
| Max./Min.     |      | 66    | 1,601 | 1,902 | 703   | 457   | 161          | 1.83  |

註：知高本圳僅 1 處監測點位故無標準差計算。

表 10 各圳路歷次內梅羅指數計算成果

| 次序            | 項目         | 苑裡圳   | 日南圳   | 八寶圳                | 葫蘆墩圳               | 五福圳                | 大突寮圳<br>阿嘮哩圳       | 知高本圳  |
|---------------|------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| 第 1 次<br>(停灌) | Ave.       | 1.095 | 0.777 | 2.343              | 3.325              | 1.684              | 1.922              | 0.570 |
|               | Max.       | 1.444 | 1.096 | 4.080              | 5.292              | 3.366              | 3.047              | 0.570 |
|               | Min.       | 0.746 | 0.616 | 0.973              | 0.620              | 0.743              | 0.587              | 0.570 |
|               | SD.        | 0.493 | 0.202 | 1.118              | 1.455              | 1.460              | 1.230              | -     |
|               | 最大水<br>質權重 | SS    | SS    | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | pH    |
| 第 2 次<br>(停灌) | Ave.       | 0.785 | 0.966 | 2.184              | 4.205              | 1.980              | 2.077              | 0.702 |
|               | Max.       | 0.804 | 1.624 | 2.376              | 6.508              | 3.070              | 3.532              | 0.702 |
|               | Min.       | 0.765 | 0.646 | 1.781              | 2.268              | 1.342              | 0.664              | 0.702 |
|               | SD.        | 0.028 | 0.334 | 0.245              | 1.686              | 0.949              | 1.357              | -     |
|               | 最大水<br>質權重 | EC    | SS    | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | pH    |
| 第 3 次<br>(停灌) | Ave.       | 0.729 | 0.703 | 1.667              | 0.709              | 0.756              | 0.847              | 0.725 |
|               | Max.       | 0.769 | 1.168 | 3.364              | 0.922              | 0.935              | 1.236              | 0.725 |
|               | Min.       | 0.688 | 0.620 | 0.626              | 0.603              | 0.664              | 0.655              | 0.725 |
|               | SD.        | 0.057 | 0.189 | 1.028              | 0.127              | 0.155              | 0.257              | -     |
|               | 最大水<br>質權重 | pH    | Ni    | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | DO                 | NH <sub>3</sub> -N | pH    |
| 第 4 次<br>(復灌) | Ave.       | 1.515 | 0.918 | 0.860              | 1.558              | 0.674              | 0.658              | 0.622 |
|               | Max.       | 1.589 | 1.511 | 1.246              | 2.737              | 0.679              | 0.713              | 0.622 |
|               | Min.       | 1.441 | 0.639 | 0.627              | 0.848              | 0.671              | 0.634              | 0.622 |
|               | SD.        | 0.105 | 0.364 | 0.306              | 0.757              | 0.004              | 0.031              | -     |
|               | 最大水<br>質權重 | DO    | SS    | SS                 | NH <sub>3</sub> -N | pH                 | Ni                 | pH    |
| 第 5 次<br>(復灌) | Ave.       | 0.663 | 1.122 | 0.761              | 0.885              | 0.617              | 0.645              | 0.647 |
|               | Max.       | 0.666 | 2.198 | 1.344              | 1.306              | 0.620              | 0.650              | 0.647 |
|               | Min.       | 0.660 | 0.687 | 0.579              | 0.563              | 0.613              | 0.640              | 0.647 |
|               | SD.        | 0.004 | 0.648 | 0.328              | 0.309              | 0.003              | 0.004              | -     |
|               | 最大水<br>質權重 | DO    | SS    | NH <sub>3</sub> -N | DO                 | DO                 | pH                 | pH    |
| 第 6 次<br>(復灌) | Ave.       | 0.665 | 0.661 | 0.688              | 1.440              | 0.780              | 0.665              | 0.660 |
|               | Max.       | 0.693 | 0.686 | 0.821              | 4.098              | 0.940              | 0.740              | 0.660 |
|               | Min.       | 0.637 | 0.635 | 0.542              | 0.617              | 0.645              | 0.620              | 0.660 |
|               | SD.        | 0.040 | 0.021 | 0.123              | 1.213              | 0.149              | 0.045              | -     |
|               | 最大水<br>質權重 | pH    | DO    | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | NH <sub>3</sub> -N | DO                 | pH    |
| 第 7 次<br>(復灌) | Ave.       | 0.674 | 0.654 | 0.692              | 0.750              | 0.657              | 0.749              | 0.694 |
|               | Max.       | 0.691 | 0.726 | 0.731              | 1.231              | 0.694              | 0.900              | 0.694 |
|               | Min.       | 0.657 | 0.610 | 0.625              | 0.583              | 0.622              | 0.591              | 0.694 |
|               | SD.        | 0.024 | 0.045 | 0.041              | 0.220              | 0.036              | 0.148              | -     |
|               | 最大水<br>質權重 | pH    | DO    | DO                 | SS                 | DO                 | NH <sub>3</sub> -N | DO    |

註：知高本圳僅 1 處監測點位故無標準差計算。

將歷次調查之內梅羅指數進行污染等級評價，於 5/4~5/7 調查期間有 8 處(佔比 25.81 %)屬於危害等級、污染等級及警戒等級分別為 6、3 處，安全等級及優良等級分別為 5、9 處；5/26~5/28 調查期間仍有 8 處屬於危害等級(佔比 25.81 %)、污染等級 6 處、警戒等級 7 處，安全等級及優良等級分別為 4、6 處；6/16~6/18 調查期間危害等級下降至 1 處(佔比 3.23 %)，污染等級減少至 0 處，警戒等級 5 處，安全等級及優良等級分別上升至 7 及 18 處；恢復供灌後，7/20~7/22 調查期間 0 處危害等級(佔比 0 %)、污染等級 2 處、警戒等級 9 處、安全等級 4 處及優良等級 16 處；8/16~8/19 調查期間 0 處危害等級(佔比 0 %)、2 處污染等級、4 處警戒等級、6 處安全等級及 19 處優良等級；9/22~9/24

調查期間 1 處危害等級(佔比 3.23 %)、0 處污染等級、4 處警戒等級、5 處安全等級、21 處優良等級；10/13~10/15 調查期間危害及污染等級均為 0 處(佔比 0 %)，警戒等級僅有 1 處，安全等級及優良等級分別有 11 及 19 處，分別如表 11、圖 4 所示。

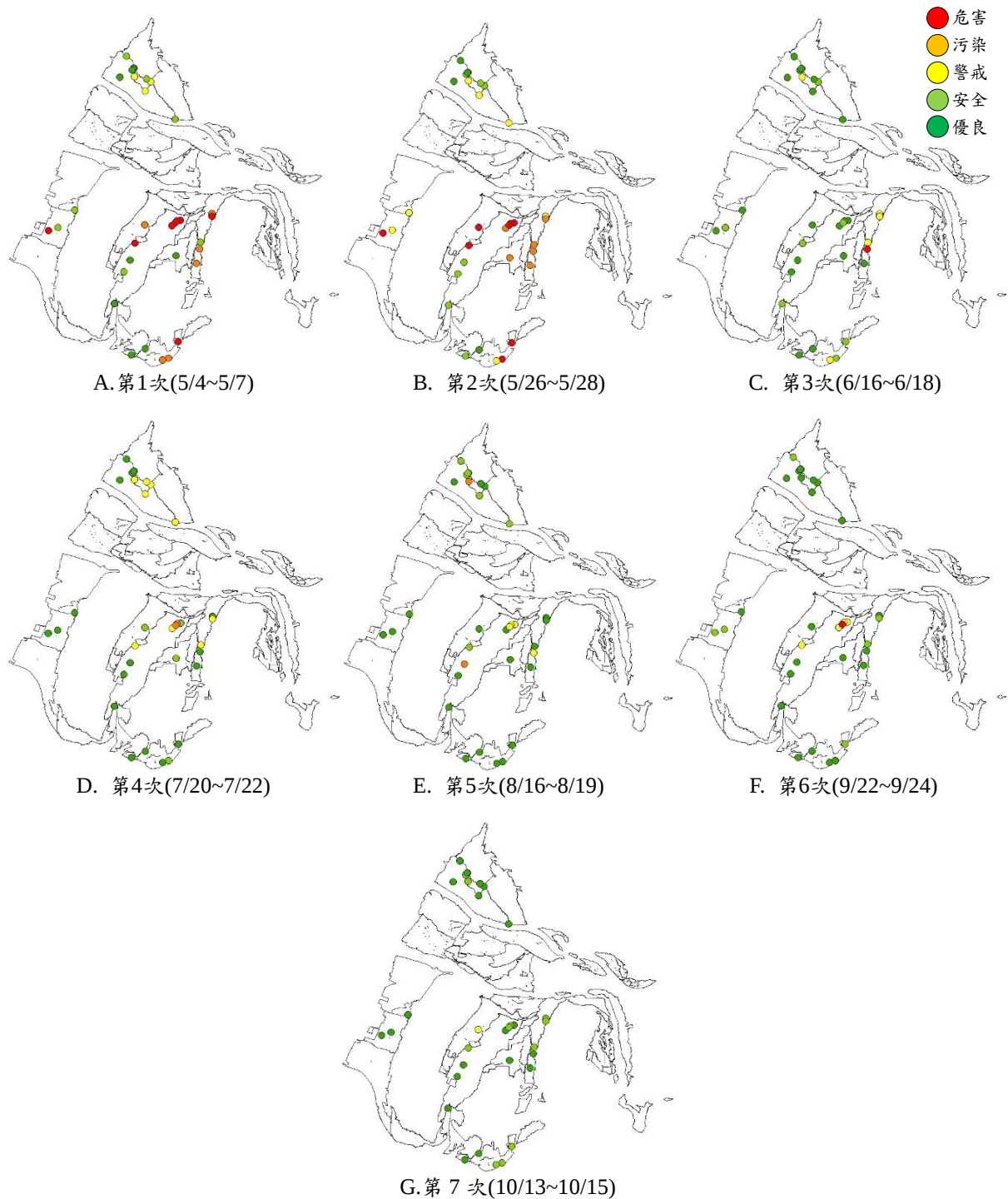


圖 3 歷次採樣與內梅羅評價等級分布

表 11 歷次採樣與內梅羅等級評價統計

| 採樣日期                                                     | 優良等級<br>$P_n < 0.7$ |       | 安全等級<br>$0.7 \leq P_n < 1.0$ |       | 警戒等級<br>$1.0 \leq P_n < 2.0$ |       | 污染等級<br>$2.0 \leq P_n < 3.0$ |       | 危害等級<br>$P_n \geq 3.0$ |       |
|----------------------------------------------------------|---------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------|-------|
|                                                          | 次數                  | 百分比   | 次數                           | 百分比   | 次數                           | 百分比   | 次數                           | 百分比   | 次數                     | 百分比   |
| 停灌<br>5/4~5/7<br>5/26~5/28<br>6/16~6/18                  | 9                   | 29.03 | 5                            | 16.13 | 3                            | 9.68  | 6                            | 19.35 | 8                      | 25.81 |
|                                                          | 4                   | 12.90 | 6                            | 19.35 | 7                            | 22.58 | 6                            | 19.35 | 8                      | 25.81 |
|                                                          | 18                  | 58.06 | 7                            | 22.58 | 5                            | 16.13 | 0                            | 0.00  | 1                      | 3.23  |
| 復灌<br>7/20~7/22<br>8/16~8/19<br>9/22~9/24<br>10/13~10/15 | 16                  | 51.61 | 4                            | 12.90 | 9                            | 29.03 | 2                            | 6.45  | 0                      | 0.00  |
|                                                          | 19                  | 61.29 | 6                            | 19.35 | 4                            | 12.90 | 2                            | 6.45  | 0                      | 0.00  |
|                                                          | 21                  | 67.74 | 5                            | 16.13 | 4                            | 12.90 | 0                            | 0.00  | 1                      | 3.23  |
|                                                          | 19                  | 61.29 | 11                           | 35.48 | 1                            | 3.23  | 0                            | 0.00  | 0                      | 0.00  |

本表單位：次數為處，百分比為%。

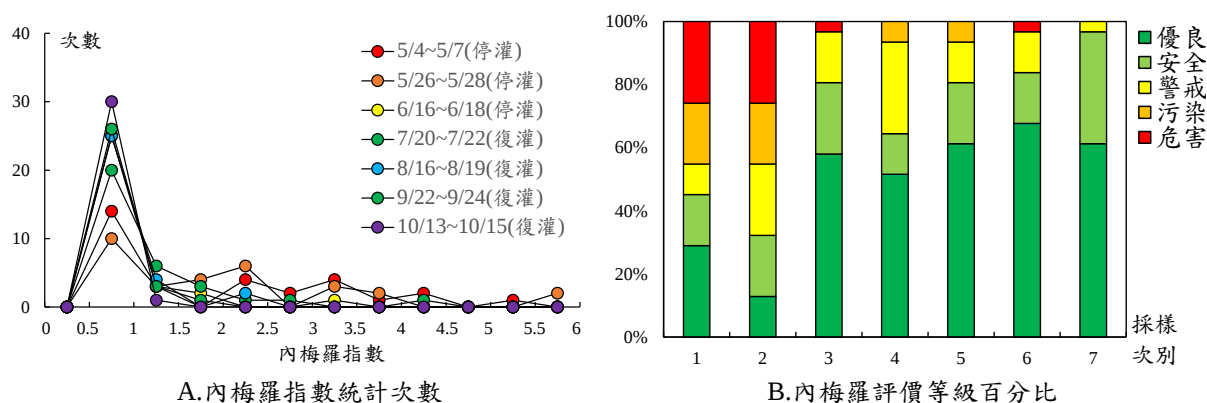


圖 4 歷次採樣與內梅羅評價等級統計

#### D. 內梅羅指數與渠道流量之關係

為瞭解內梅羅指數與渠道流量間之關聯性，將全部調查處次之流量與內梅羅指數進行彙整分析，由於各圳路流量大小不一，若一併納入分析可能會造成偏頗，故分析前將流量無因次化，即將各點位各次之流量除以該點位之最小量測流量，即可得各點次之無因次流量(意即該點位最小流量之倍率)，統整結果如表 12、圖 5A~B 所示。內梅羅指數危害等級較高之調查點位其無因次流量大多小於 10，無因次流量介於 100~1,000 或大於等於 1,000 者絕大多數為優良或安全等級；而停灌期間水質為污染或危害等級分別佔 12.9 % 及 18.3 %，優良或安全等級分別為 33.3 % 及 19.4 %，恢復供灌之後污染或危害等級均分別下降至 3.2 % 及 0.8 %，優良等級與安全等級則分別上升至 60.5 % 及 21.0 %，此外將停灌與恢復供灌之內梅羅指數利用獨立樣本 T 檢定來判斷停灌與恢復供灌之水質污染程度(如表 13 所示)，顯示停灌期間內梅羅指數明顯較恢復供灌內梅羅指數較高。而將所有調查點位之內梅羅指數與無因次流量進行關係繪製如圖 5C，大約可發現在內梅羅指數為 2 以上之點位無因次流量大多小於 10，顯示低流量與水質污染程度有關；另針對各點位歷次之內梅羅指數計算平均值，來挑選內梅羅指數大於或等於 2 之點位進行探討，即污染程度較高之污染、危害等級之點位，其點位有 2 處且均位於葫蘆墩圳，將其無因次流量與內梅羅指數進行關係繪製如圖 5D 所示，可看出流量與水質污染之間存在中度負相關( $R^2=0.6551$ )，即對於污染越嚴重之地區其流量越小、水質將更為惡化，反之亦然。

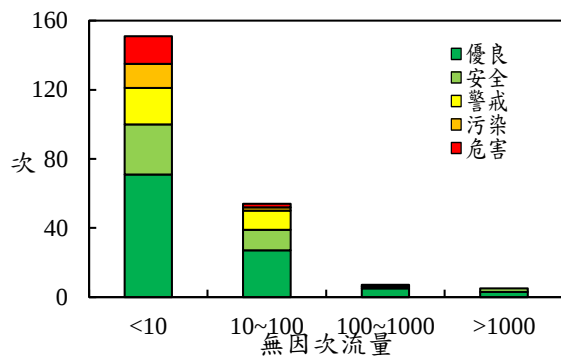
表 12 內梅羅指數等級與無因次流量統計

| 無因次<br>流量    | 內梅羅指數( $P_n$ ) |           |           |           |           | 合計  |
|--------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
|              | 優良等級           | 安全等級      | 警戒等級      | 污染等級      | 危害等級      |     |
| $\leq 10$    | 71             | 29        | 21        | 14        | 16        | 151 |
| 10~100       | 27             | 12        | 11        | 2         | 2         | 54  |
| 100~1,000    | 5              | 1         | 1         | 0         | 0         | 7   |
| $\geq 1,000$ | 3              | 2         | 0         | 0         | 0         | 5   |
| 停灌期間         | 31(33.3%)      | 18(19.4%) | 15(16.1%) | 12(12.9%) | 17(18.3%) | 93  |
| 恢復供灌         | 75(60.5%)      | 26(21.0%) | 18(14.5%) | 4(3.2%)   | 1(0.8%)   | 124 |
| 合計           | 106            | 44        | 33        | 16        | 18        | 217 |

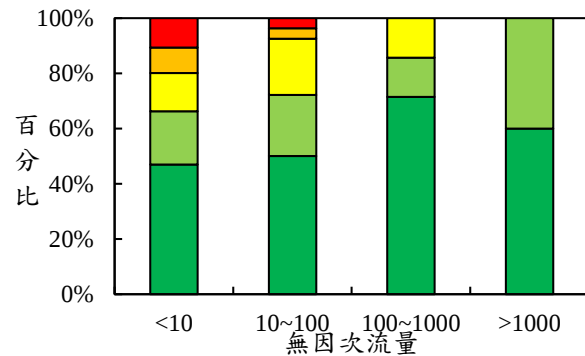
本表單位：處。

表 13 停灌與恢復供灌內梅羅指數統計檢定

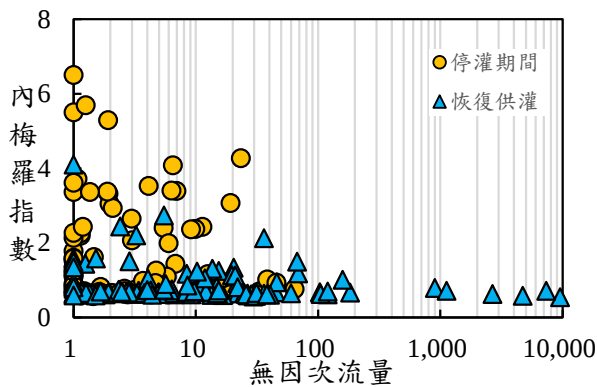
| 統計量<br>項目 | 樣本  | 平均數    | 標準差    | t     | 自由度    | 顯著性   |
|-----------|-----|--------|--------|-------|--------|-------|
| 停灌期間      | 93  | 1.6442 | 1.3475 | 5.419 | 109.28 | 0.000 |
| 恢復供灌      | 124 | 0.8524 | 0.4756 |       |        |       |



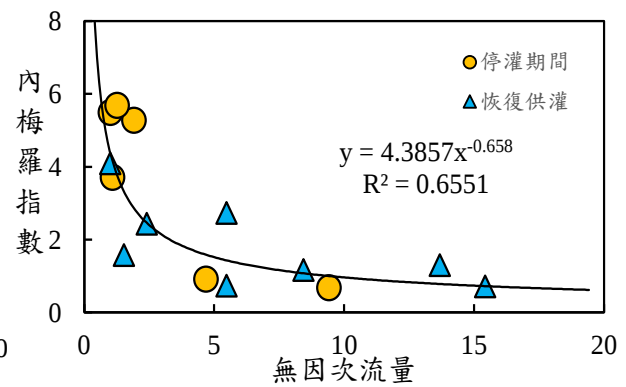
A. 內梅羅指數與無因次流量關係(次數)



B. 內梅羅指數與無因次流量關係(百分比)



C. 歷次調查內梅羅指數與無因次流量



D. 平均 $P_n$ 大於2之點位與無因次流量關係

圖 5 調查點位內梅羅指數與無因次流量統計關係

## (二).成果討論

本研究成果顯示於停灌期間之第 1~第 3 次調查,其內梅羅評價等級屬於危害或污染等級之次數分別為 14、14 及 1 次,以單次總採樣次數 31 處來計算,其危害或污染等級之比例分別為 45.2 %、45.2 %及 3.2 %,以停灌期間 3 次調查、93 處次採樣進行分析,有 29 處次為危害或污染等級、優良或安全等級則有 49 處次,即停灌期間有 31.2 %屬於危害或污染等級、52.7 %屬於優良或安全等級;恢復供灌後之 4 次調查,內梅羅評價等級屬於危害或污染等級之次數分別為 2、2、1 及 0 次,其危害或污染等級之比例分別為 6.5 %、6.5 %、3.2 %及 0 %,以恢復供灌期間 4 次調查、單次採樣 31 處次,共 124 處次採樣進行分析,有 5 處次為危害或污染等級、優良或安全等級則有 101 處次,即恢復供灌期間僅有 4 %屬於危害或污染等級、高達 81.5 %屬於優良或安全等級,且根據統計檢定成果,均顯示停灌期間水質污染程度較差、恢復供灌後水質狀況較為良好。

此外,水質採樣調查涉及在停灌期間之流量觀測,故降水量之天氣因素亦須納入考量,根據中央氣象局資料顯示,於本研究調查期間分別於 2021 年 5 月下旬、6 月下旬及 7 月底、8 月初有較強之降雨,其中第一場較大之降雨事件發生在 5 月底(單日降水量超過 150 mm),而於第 3 次調查時(6/16~6/18)顯見其水質污染程度相較於第 1 次(5/4~5/7)及第 2 次調查(5/26~5/28)已有明顯改善,研判停灌期間由於無灌溉水源進入渠道,若灌溉渠道承受廢污水介入則導致污染程度上升、累積,故停灌期間水質狀況較差,而當降雨發生時,降雨逕流隨地表或路側溝...等途徑匯入渠道,將有助於沖刷、稀釋渠道污染物使得水質狀況有所改善。

恢復供灌後圳路流量增加,同前所述在有較乾淨之水源稀釋、沖刷下,水質污染程度有所降低、渠道水質將會改善。而針對污染程度越高之圳路受到降雨或是恢復供灌後水質之改善趨勢更為明顯,例如:葫蘆墩圳,由於葫蘆墩圳位處於都市區、住宅區及工業區等較為複雜之灌區內,若發生停灌都市住宅區生活污水甚至是工業區廢水均有可能直接或間接匯入渠道,且停灌期間長時間無乾淨之灌溉原水稀釋刷沖,而發生污染物累積之現象。

針對灌溉水質基準值之污染項目進行探討,管制項目之重金屬項目,大多涉及工廠偷排等突發性事件而非屬常態現象,故渠道流量對於重金屬污染之關係較難以調查掌握;反之,品質項目中氨氮為主要超標項目之一,且氨氮之排放多與生活污水有關,故在都會區、住宅區較為密集之葫蘆墩圳、八寶圳...等地區,可發現於停灌期間若渠道承受生活污水則氨氮濃度上升,恢復供灌或降雨事件後流量提升下,渠道污染物會遭沖刷或稀釋,氨氮濃度下降,污染程度將有所緩減。

## 四、結論與建議

本研究調查發現於停灌期間，因受生活污水中氮氮影響，水質污染程度較為嚴重，在高流量之降雨事件或是恢復供灌後可改善水質污染問題，尤其以都會區、住宅區之灌區改善程度較大，而針對管制項目中之重金屬部分，因重金屬污染多與工業廢水有關，又工業廢水多以偷排等不定時、隨機形式發生，較難掌握其流量與污染之概況。

氣候變遷下降雨時空不均現象未來可能持續或是加劇，停灌事件仍有可能隨時發生，本研究於 2021 年停灌與恢復供灌期間，於臺中灌區進行水質、流量調查，發現停灌會造成圳路水質惡化，且於污染程度較高之圳路水質影響更為嚴重，而降雨或恢復供灌則有助於改善污染現象，但也由於長期停灌下渠道會累積污染物，始恢復供灌雖然會帶走渠道累積污染物，這也意味著灌溉初始水體之水質可能較差，初始灌溉時則建議減少取用渠道水體應可避免污染物直接流進坵塊田區，後續吾人可針對初始灌溉條件下之水質、流量進行探討，以進一步探求水質與初始流量之關係。

## 參考文獻

1. Ammar, S.D, 2017,” Using of Nemerow’s Pollution Index(NPI) for Water Quality Assessment of Some Barsrah Marshes, South of Iraq”, Journal of Babylon University/ Engineering Sciences, No. 5, Vol. 25, P.1708-1720.
2. 行政院環境保護署，2018，全國重金屬高污染潛勢農地之管制及調查計畫(第 5 期)，EPA-105-GA02-03-A262。
3. 農業工程研究中心，2021a，桃園市智慧多元節水防災抗旱調適技術之評估委託專業服務，農業工程研究中心研究報告。
4. 農業工程研究中心，2021b，行政院農業委員會農田水利署臺中管理處灌區因應不同水情之供需水量可靠度分析研究，農業工程研究中心研究報告。
5. 農業工程研究中心，2021c，110 年度停灌措施對本處灌區圳路水體污染情勢變化調查及評估，農業工程研究中心研究報告。
6. 劉觀銘、張尊國，1995，灌溉水質評價-運用地理資訊系統技術，農業工程學報 第 41 卷第 1 期。