

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

(鄉土)教材獎

030322

走揣正港的濁水米－探討不同土壤類別與灌溉
用水對水稻生長的影響

學校名稱：彰化縣立埔心國民中學

作者： 國二 吳宛育 國二 余佩芸 國二 徐燦雅	指導老師： 林殿權
---	------------------

關鍵詞：濁水米、濁水溪黑土、八堡圳濁水

摘要

土質與水質會影響不同地區稻米的品質。那麼，濁水米跟濁水溪有何關聯呢？

調查三種水稻樣區，分別有八卦山黃土或濁水溪黑土，以及用濁水溪濁水或地下水灌溉。並且比較不同季節的二期與一期稻作，以對應水圳濁度的變化。

結果顯示有黑土或濁水的樣區在植株高度、莖部周長、分蘖數量以及單束水稻稻穀數量等數據比黃土或地下水還要好。濁水灌溉的樣區甚至在水圳混濁期的二期稻作的稻穀數量比清澈期的一期稻作還要多。植株距離出水口越近，各項數據也有較好的趨勢。可見適時補充營養的濁水又比黑土來得重要。

觀察水圳的全年濁度變化，農民取水時機成為能否取得養分的關鍵。因此，黑土濁水加上配合自然循環的田間管理，可以做為認證濁水米的必要條件。

壹、研究動機

『挖種ㄟ米比別人ㄟ卡水，攔卡好吃！挖種ㄟ才是正港ㄟ濁水米！』我鄉的水稻阿伯一直以來都用濁水溪黑土與水圳濁水種稻，對自家的八堡好米自信滿滿。對於坊間輕易地掛名濁水米的現象相當不以為然。

但是，甚麼是好米？除了見仁見智的口感之外，有哪些外觀表現可觀察嗎？能夠數據化嗎？我們到阿伯的水稻田附近巡了幾次田水，發現這裡有濁水溪黑土與八卦山黃土兩種土壤類型，以及八堡圳濁水與地下水兩種灌溉用水。這讓我們想到，也許可以比對不同土壤與灌溉水的方式，找出何種變因會反應在水稻的生長與產量上。

此外，近年來黑心廠商偷工減料，甚至是參雜不可食用物質的黑心油品。所以我們猜想：市面上所謂濁水米是否也可能參雜一般米來濫竽充數？而濁水米究竟是濁水溪平原的水稻？還是引用濁水溪濁水灌溉的稻米？在產銷履歷早已普遍的今日，消費者應該有權利取得產品的各項生產資訊。而濁水米能不能像國際精品葡萄酒或咖啡一樣有特定、甚至法定的產區與栽培認證機制呢？

本研究將不同土壤類型與灌溉用水的水稻進行各項生長表現的測量，希望以數據化的客

觀觀察來比對水稻的成長與產量差異。也許，還能讓我鄉水稻阿伯的正港濁水米找到產地認證的依據。

貳、研究目的

- 一、觀察研究樣區的水稻種植環境，以認識水稻生長過程、土壤類別、灌溉用水與農民的田間管理方式。
- 二、藉由測量單束水稻的莖部周長、植株高度、分蘖數量、單枝稻穗的稻穀數量，以及換算單束水稻的稻穀平均數量等資訊，找出土壤類別與灌溉用水等變因對水稻的影響會表現在哪些可觀察的生長數據上面。
- 三、比較相同樣區裡的個別水稻生長數據，以了解植株與出水口的距離是否會與水稻的生長表現有關連性。
- 四、對照二期(2019年)與一期稻作(2020年)，以探討個別樣區在不同時期的水稻生長是否會有不同。

參、研究設備及器材

一、研究設備

學校實驗室之實驗器材、廣用試紙、pH-meter。

二、研究材料

1.0m 皮尺；3.0m 卷尺；1000gw 彈簧秤。

三、應用軟體

Office Excel；Office Word；Open Office；Fotosizer、PicPick 等圖表處理軟體。

肆、研究過程或方法

一、水稻取樣樣區的現場環境變因觀察與資料搜尋。

(一) 土壤類型有兩類：

- 1、 舊濁水溪沖積扇所沉積的黑土。
- 2、 農田主人大約十年前為了增加土壤高度而取自八卦山的黃土。

(二) 灌溉用水有兩類：

- 1、 引自八堡二圳灌溉渠道的濁水溪濁水。
- 2、 抽取自地下水井的地下水。

(三) 樣區名稱與定義：

- 1、 黑土濁水樣區：土壤類型為濁水溪沉澱黑土，灌溉用水為八堡二圳濁水。
- 2、 黑土地下水樣區：土壤類型為濁水溪沉澱黑土，灌溉用水為地下水。
- 3、 黃土濁水樣區：土壤類型為八卦山黃土，灌溉用水為八堡二圳濁水。



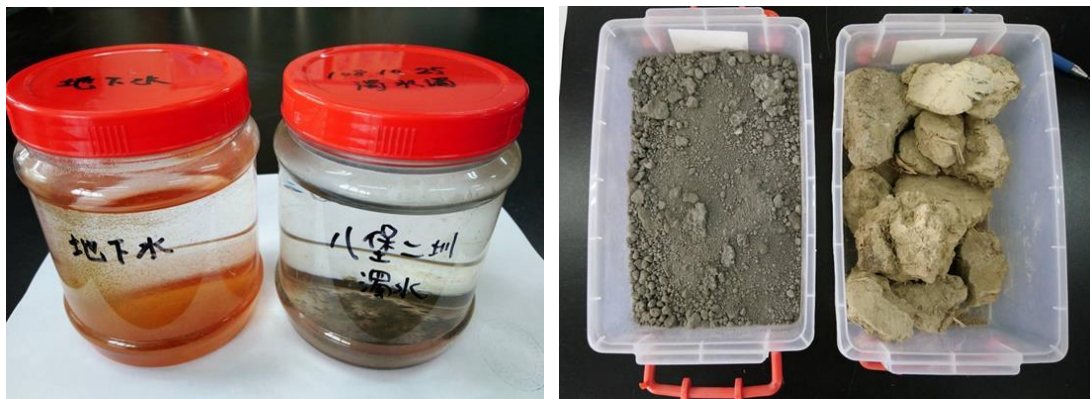
(1)八堡二圳灌溉水道 (2)水圳濁水出水口 (3)抽取地下水的出水口。



(4)濁水黑土樣區 (5)黑土地下水樣區 (6)黃土濁水樣區

圖一、取樣樣區的環境變因觀察

(四) 灌溉用水的酸鹼值初步檢測、八堡二圳濁水混濁度變化與沉澱現象觀察。



(1)左-地下水、右-八堡二圳濁水。 (2)左-濁水溪沉積黑土、右-八卦山黃土。
圖二、實驗樣區土壤樣本與灌溉用水樣本

二、測量水稻生長數據：

(一) 標記水稻編號：因為稻苗為機械插秧，每一株間隔相同。所以我們從出水口開始起算，每隔十株水稻作為一次取樣，編號為 010、020、030…，其餘依序類推。

(二) 各項測量變因：

- 1、 植株高度：以卷尺測量水稻從土壤表面到葉尖最高點。
- 2、 莖部周長：皮尺的一端繫住最大施力 1000gw 的彈簧秤，以皮尺圍繞單束水稻的莖部離地大約 15cm 處做測量。為了讓每次測量的施力相等，將施力控制在 500gw。
- 3、 分蘗數量：假設一枝分蘗會抽出一枝稻穗，若明顯細小的分蘗則捨棄不計。
- 4、 單枝稻穗的稻穀數量：每一束水稻隨機取樣三枝稻穗，計算一枝稻穗的稻穀數量。



(1)標記水稻編號。 (2)測量單束水稻高度。 (3)測量莖部周長。 (4)計算單枝稻穗的稻穀數量。
圖三、各項水稻成長數據的測量方法

三、實驗樣區各項環境變因的比對：

- (一) 比較三種樣區的水稻生長與產量差異。
- (二) 比較同樣在黑土濁水樣區的水稻植株數據，距離出水口不同遠近的植株生長與產量差異。
- (三) 比較同樣屬於黃土濁水樣區的水稻植株數據，位於出水口的前區與距離出水口較遠的後區的水稻生長與產量差異。
- (四) 比較三種樣區的二期稻作(2019 年)與一期(2020 年)稻作的各項觀察數據。

四、調查日期：

- (一) 水稻生長觀察：
 - 1、 2019 年二期稻作：2019 年 7 月~2020 年 12 月。
 - 2、 2020 年一期稻作：2020 年 2 月~2020 年 6 月。
- (二) 生長數據測量：為了測量水稻完全成熟後的莖部周長、植株高度與分蘖數量。我們設定水稻開始結穗之後開始測量。而且，因為水稻從開始結穗至稻穀成熟收割大約是兩週至三週，所以我們在下列日期進行樣區現場密集測量。
 - 1、 二期稻作：2019 年的 10/22、10/29、11/5，共計三次。
 - 2、 一期稻作：2020 年的 5/12、5/13、5/20、5/27，共計四次。

伍、研究結果

一、水稻的成長過程觀察。

(一) 成長與收成資訊。

水稻 (*Oryza sativa*) 是一年生單子葉作物，分類上屬於禾本科、稻屬的一種，又稱為亞洲型栽培稻。對氣候環境偏好溫暖潮濕，成熟時大約 1 公尺到 1.5 公尺高。葉形細長，平行脈，大約 50 到 70 公分長，寬大約 2 到 2.5 公分。花很小，開花枝條在枝頭往下 30 到 50 公分之間都會開小花，大部分自花授粉發育成稻穀，稱為稻穗。一般稻穗長約 5 到 12 公分，寬約 2 到 3 公分。

生長過程可分成三個時期：1. 營養生長期：從發芽到幼苗分蘖，所需時間在 10~60 天之間，變異非常大。2. 生殖生長期：從幼苗分蘖、成長至開花，由熱帶到溫帶所需時間從 35~45 天不等。3. 成熟期：從開花到穀粒完全成熟，這段期間約需 30~35 天。

台灣介於熱帶及亞熱帶地區之間，雨量充沛且氣溫偏高，因此水稻在台灣的生長季節長達十個月以上，中台灣每年可種植兩期。一期稻作在 2~6 月左右，二期稻作在 7~11 月。

我們搜尋相關資訊得知，二期稻作的單位面積產量通常比一期稻作少 20~50%，造成這種差異的主要原因在於氣候條件。而氣候影響土壤溫度與水溫，使得一期與二期稻作產量發生變化。一般水稻品種的適應溫度是攝氏 27°C，溫度越高、產量越低。

此外，根據我們的參考文獻可以知道，影響台灣不同區域水稻產量與品質的主要因素，則是在於各地的土壤類型與灌溉用水的差異。因此花東縱谷、蘭陽地區、濁水溪灌溉流域與嘉南平原等地的水稻除了品種因素之外，各具有區域特色。



圖四、稻田現場觀察，由左至右：營養生長期、生殖生長期、成熟期。

(二) 認識並觀察病蟲害：

- 1、水稻阿伯親自帶我們在樣區觀察，可見到的病蟲害有鳥類啄食、二化螟蟲、飛蟲…等。他說：『越健康的水稻、免疫力越強，基本上病蟲害會越少，收成也就會更好。』
- 2、現場觀察發現：黃土濁水樣區中間被田埂區分成前區與後區，後區因為灌溉水不易到達，且填土較高導致水稻淹水高度偏低而土壤偏乾。在這個區域比其他樣區更容易發現病蟲害現象。



圖五、觀察病蟲害現象，由左至右：鳥害、二化螟蟲、飛蟲、收成後觀察植株。

(三) 認識農民的田間管理：

- 1、水稻阿伯親自帶我們觀察灌溉水圳與地下水的放水方式。並說明水圳取水需要配合混濁度較高的時期，並維持水流順暢、適時調整，因此較耗費人力。而抽取地下水相對簡便。
- 2、水稻阿伯教導我們認識肥料種類與施肥時機。一期與二期稻作在三種不同水質與土質的樣區均為施肥五次。但是水稻阿伯提到，以他往年的收成經驗而調整黑土地下水與黃土濁水樣區的施肥量每次都會多加 10%。

(四) 不同灌溉水的酸鹼質初步檢測。

- 1、以廣用試紙檢測水圳濁水與地下水水樣的酸鹼值，兩者都落在偏中性的位置。
- 2、pH-meter 檢測，濁水 pH 值大約 7.6~7.8，地下水 pH 值則為 7.3。



(1)廣用試紙檢測結果 (2)地下水-未流入田裡 (3)八堡圳濁水-未流入田裡 (4)八堡圳濁水-流入田裡
圖六、灌溉水的酸鹼質檢測

(五) 全年每個月的灌溉水圳濁水濃度觀察。(資料來源：水稻阿伯提供的觀察紀錄與想法)

107 年	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	水質	停水 期	2/4 水到	正常	梅雨	梅雨	山上 降雨	大暑	下大 雨後	白露	霜降	立冬	停水 期
	備註	無水	清澈	清澈	清澈	清澈	黃濁	濁	濃	濃	濃	濁	無水
108 年	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
				(3/8)	(4/10)	(5/18)	(6/24)	(7/10)	(8/10)	(9/8)	(10/24)	(11/9)	
	水質	停水 期	立春 水到	正常	梅雨	豪雨	全台 降雨	大暑	山上 下雨	白露	霜降	立冬	停水 期
	備註	無水	清澈	清澈	清澈	黃濁	濃	濁	濃	濃	濁	濃	無水

- 1、 八堡二圳並非全年都濁水，水清日數比濁水日數長。
- 2、 第一期作，春雨、梅雨期間水清；第二期作，大暑之後降雨而水較濁；霜降之後的氣候變化大。應把握濁水濃度高的時候引水入田灌溉。
- 3、 12月與1月為停水期，進行河床的沉積量調查。集水瓶全年沉積量可得4公分；河道彎曲處的外側測得30公分；大河道囤積量比小河道多。直的河道則不會沉積，可能是流動速度越快、沉澱越少。

(六) 濁水沉澱與田間能量調查：取水圳濁水與地下水各500ml，靜置後觀察其變化。

(資料來源：水稻阿伯提供的觀察紀錄與想法)

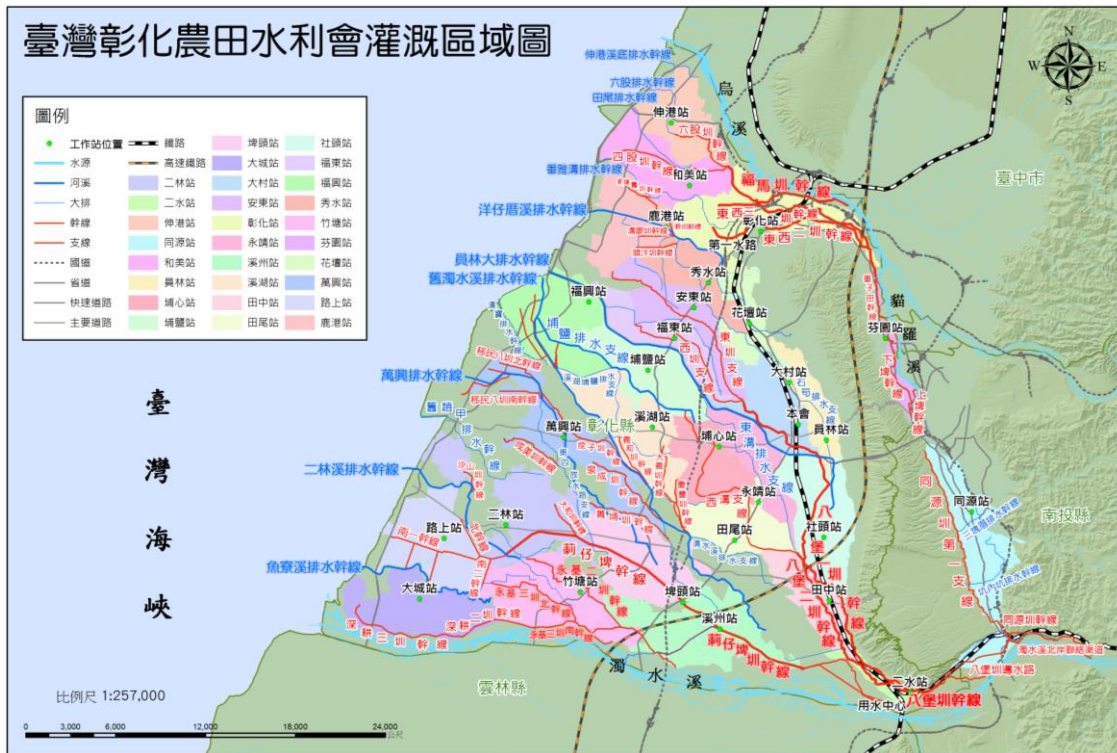
時間	濁水 (靜置)	濁水 (明礬粉)	地下水 (靜置)	地下水 (明礬粉)
0 min	混濁	混濁	稍有混濁	稍有混濁
5 min	混濁	混濁	稍有混濁	清澈
10 min	混濁	混濁	清澈	清澈
15 min	混濁	混濁	清澈	清澈
20 min	混濁	混濁、沉澱	清澈	清澈
25 min	漸清	清澈、沉澱	清澈	清澈、沉澱
30 min	清澈、沉澱	清澈、沉澱	清澈	清澈、沉澱

- (1) 濁水沉澱量明顯比地下水多。
- (2) 靜置狀態下，大約20~30分鐘會完全沉澱。
- (3) 濁水在田間流動30分鐘大約可到達100公尺遠，超過100公尺則變成清水。

二、環境變因：

(一) 實驗樣區位於八堡二圳西溝支線的灌溉支流旁邊，共有三區。彼此相鄰，因此我們假定日照、雨量、溫度、溼度等氣候變因是相同的。各樣區概況如下：

- 1、 黑土濁水樣區：東西長約 80 公尺，南北寬約 25 公尺。
- 2、 黑土地下水樣區：東西長約 80 公尺，南北寬約 30 公尺。
- 3、 黃土濁水樣區：東西長約 90 公尺，南北寬約 25 公尺。田埂再劃分為前區與後區。



(1)八堡圳灌溉區域圖(取自：彰化縣農田水利會網站)



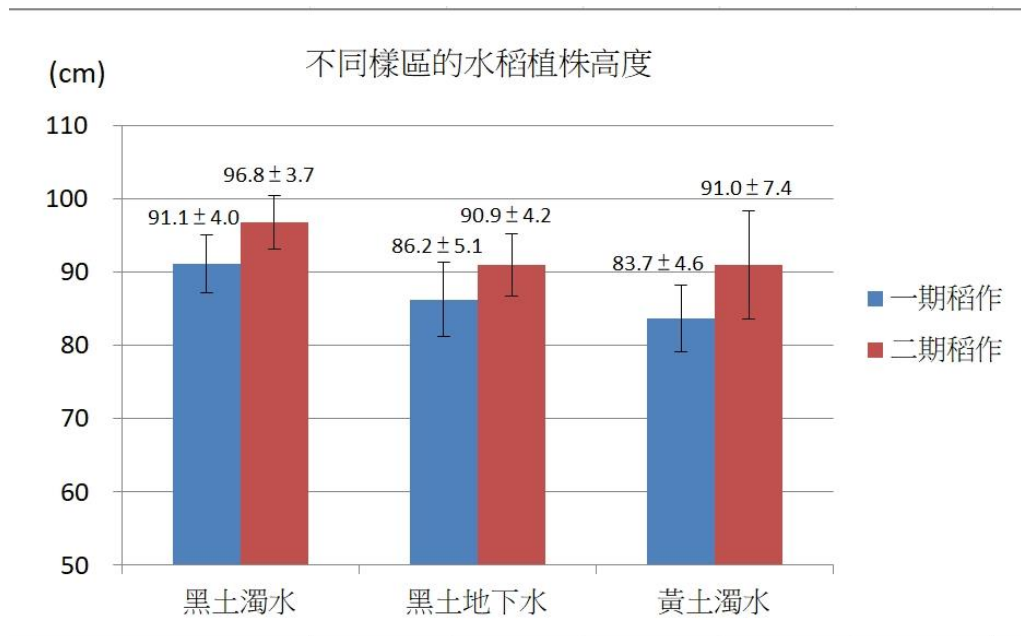
(2)實驗樣區 google 空拍圖。

圖七、實驗樣區地理資訊

(二) 三種樣區的水稻生長數據比較

1、 植株高度：

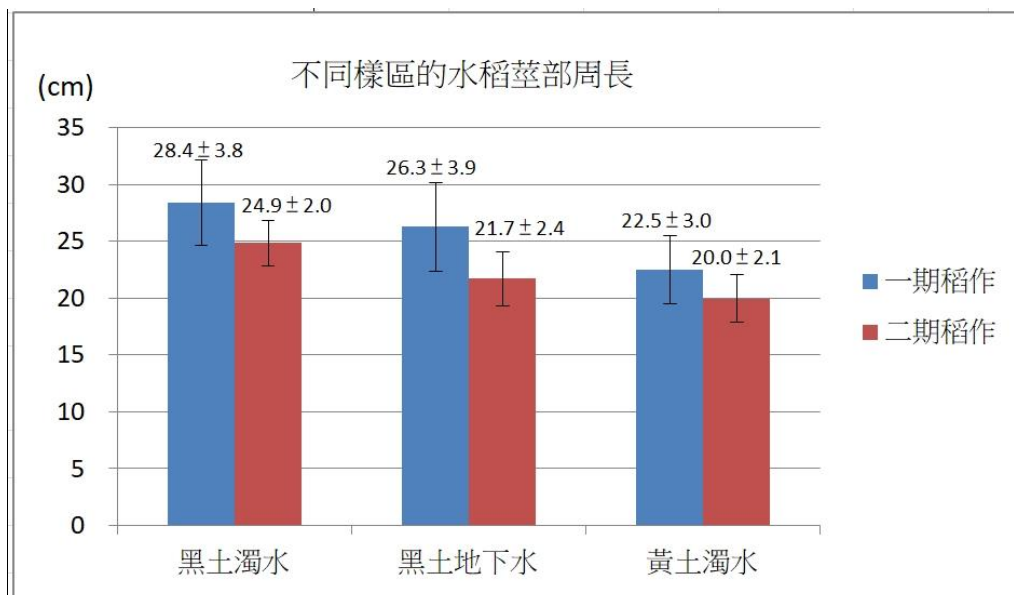
- (1) 在一期稻作中，黑土濁水樣區的植株高度最好，其次黑土地下水樣區，最後是黃土濁水樣區。
- (2) 在二期稻作中，也是黑土濁水樣區的植株高度最好，但是其次是黃土濁水樣區，最後是黑土地下水樣區。但是後兩者的差異很微小。
- (3) 但是因為植株數據分部有不同集中程度，因此如果加入標準差來觀察，會發現不同樣區的數據分布彼此都有不少重疊。
- (4) 無論是哪一個樣區，都可見到二期稻作比一期稻作的植株高度還高。



圖八、不同樣區的水稻植株高度比較。

2、 莖部周長：

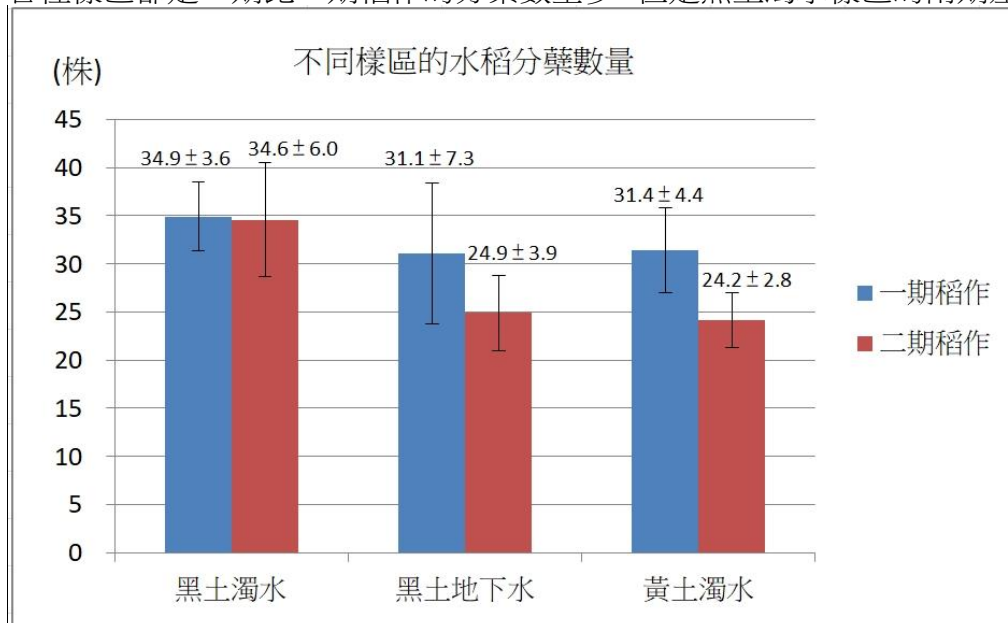
- (1) 無論是一期或是二期稻作，莖部周長都是黑土濁水樣區最好，其次為黑土地下水樣區，最後是黃土濁水樣區。從標準差看數據，會發現取樣的數據分布明顯重疊。
- (2) 無論是哪一個樣區，都是一期稻作比二期稻作的莖部周長還大。



圖九、不同樣區的水稻莖部周長比較。

3、 分蘗數量：

- (1) 無論是一期或是二期稻作，分蘗數量由多至少依序都是黑土濁水樣區、黑土地下水樣區、黃土濁水樣區。
- (2) 各種樣區都是一期比二期稻作的分蘗數量多。但是黑土濁水樣區的兩期差異量很小。

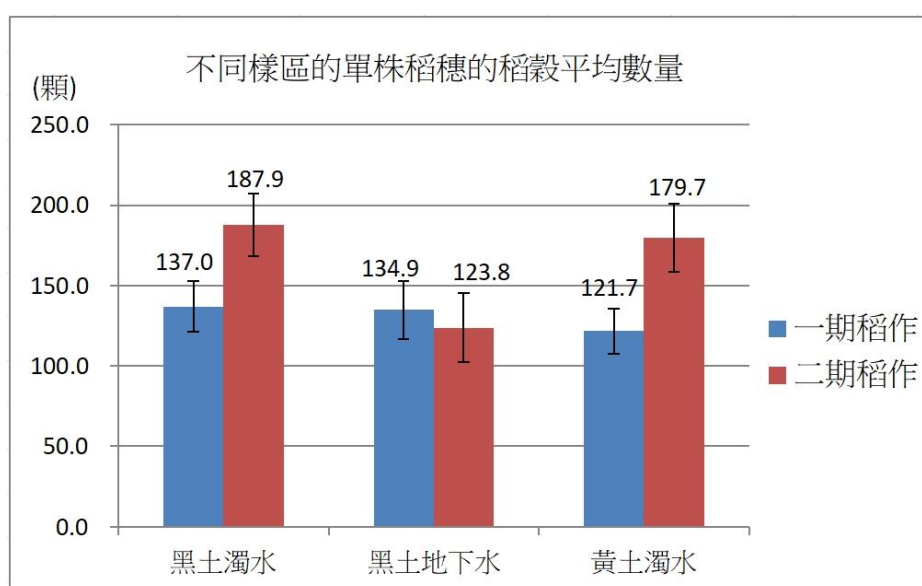


圖十、不同樣區的水稻分蘗數量比較。

(三) 三種樣區的稻穀數量比較。

1、單枝稻穗的稻穀平均數量：

- (1) 一期稻作：單支稻穗的稻穀平均數量由多至少依序是黑土濁水樣區 137.0 顆、黑土地下水樣區 134.9 顆、黃土濁水樣區 121.7 顆。
- (2) 二期稻作：單支稻穗的稻穀平均數量由多至少依序是黑土濁水樣區 187.9 顆、黃土濁水樣區 179.7 顆、黑土地下水樣區 123.8 顆。
- (3) 比較不同時期的生長數據：黑土濁水與黃土濁水樣區在二期稻作的稻穀數量明顯增加。而黑土地下水樣區的二期稻作稍有下降，但仍在標準差之內。



圖十一、不同樣區的單枝稻穗的稻穀平均數量。

2、換算單束水稻的稻穀數量：我們假設每一枝分蘗可以抽出一枝稻穗，所以分蘗數量與單枝稻穗的稻穀數量相乘，就能得到更接近實際產量的單束水稻的稻穀數量。

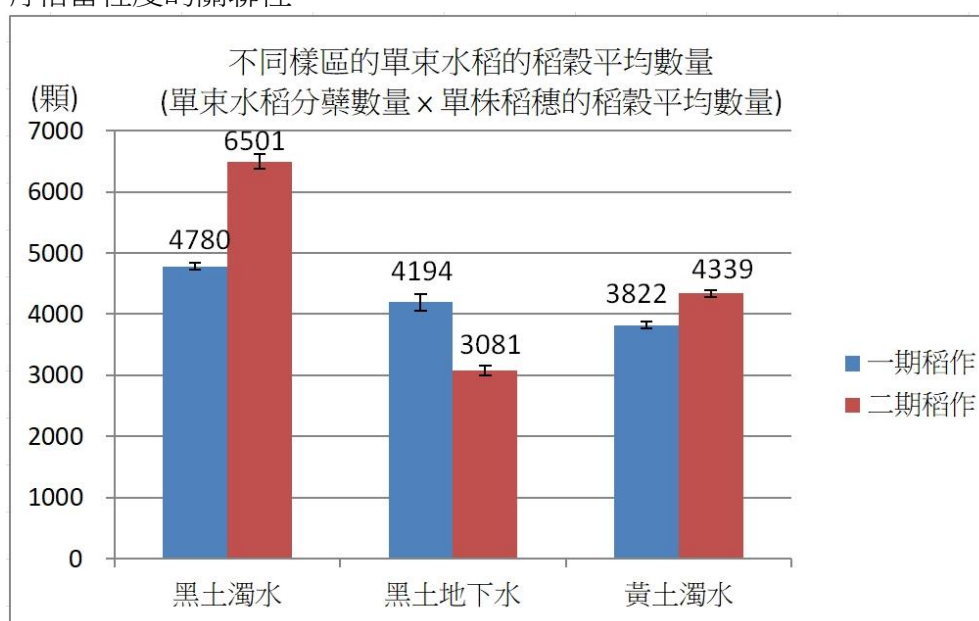
- (1) 一期稻作：單束水稻的稻穀數量由多至少依序是黑土濁水樣區 4780 顆、黑土地下水樣區 4194 顆、黃土濁水樣區 3822 顆。
- (2) 二期稻作：單束水稻的稻穀數量由多至少依序是黑土濁水樣區 6501 顆、黃土濁水樣區 4339 顆、黑土地下水樣區 3081 顆。
- (3) 比較不同時期的生長數據：相較於一期稻作，黑土濁水樣區的二期稻作單束水稻稻穀平均數量增加 1721 顆(+26%)，黃土濁水樣區的二期稻作增加 517 顆(+12%)。而黑土地下水樣區的二期稻作則減少 1113 顆(-36%)。

表一、單束水稻的稻穀平均數量

實驗樣區類型	分蘗數量(株)	單枝稻穗的 稻穀平均數量(顆)	單束水稻的 稻穀平均數量(顆) (%；相較於第一期)	△稻穀總數量
一期_黑土濁水	34.9 ± 3.58	137.0 ± 15.7	4780 ± 56	
二期_黑土濁水	34.6 ± 5.98	187.9 ± 19.5	6501 ± 117	+1721 (+26%)
一期_黑土地下水	31.1 ± 7.33	134.9 ± 18.1	4194 ± 133	
二期_黑土地下水	24.9 ± 3.88	123.8 ± 21.6	3081 ± 84	-1113 (-36%)
一期_黃土濁水	31.4 ± 4.43	121.7 ± 13.9	3822 ± 62	
二期_黃土濁水	24.2 ± 2.83	179.7 ± 21.0	4339 ± 59	+517 (+12%)

註、分蘗數量 × 單枝稻穗的稻穀平均數量 = 單束水稻的稻穀平均數量

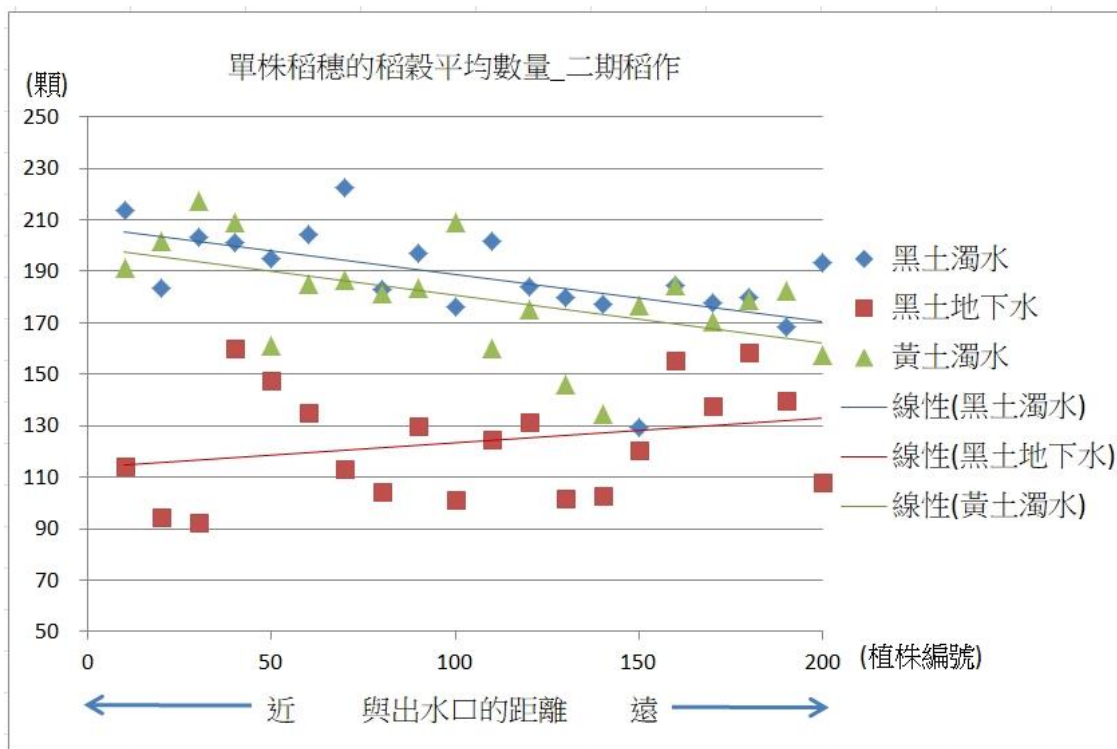
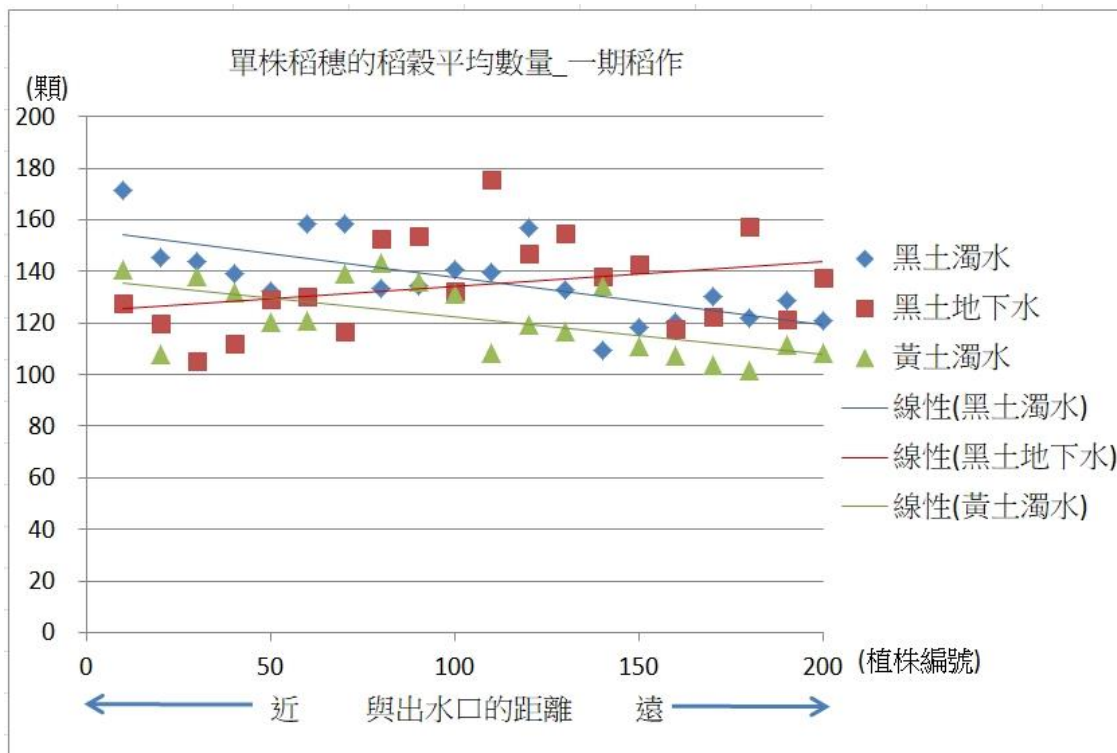
- 參考文獻指出，因為氣候影響生長期的氣溫與水溫，而一般水稻品種適應溫度是 27 °C，溫度越高、產量越低。所以二期稻作的單位面積產量通常比一期稻作少 20~50%。但是我們的數據發現，除了黑土地下水的二期稻作減少 36%，黑土濁水與黃土濁水樣區卻是分別增加了 26%與 12%。我們認為這可能跟水圳混濁度的變化有關聯。
- 對照水稻阿伯提供的全年濁水混濁度變化表，可以發現二期稻作期間是八堡二圳相對的混濁期。我們認為這可能是濁水中的營養物質與濁水灌溉的樣區水稻生長之間有相當程度的關聯性。



圖十二、不同樣區的單束水稻的稻穀平均數量。

(四) 相同樣區中，比較距離出水口不同遠近的單枝稻穗的稻穀平均數量。

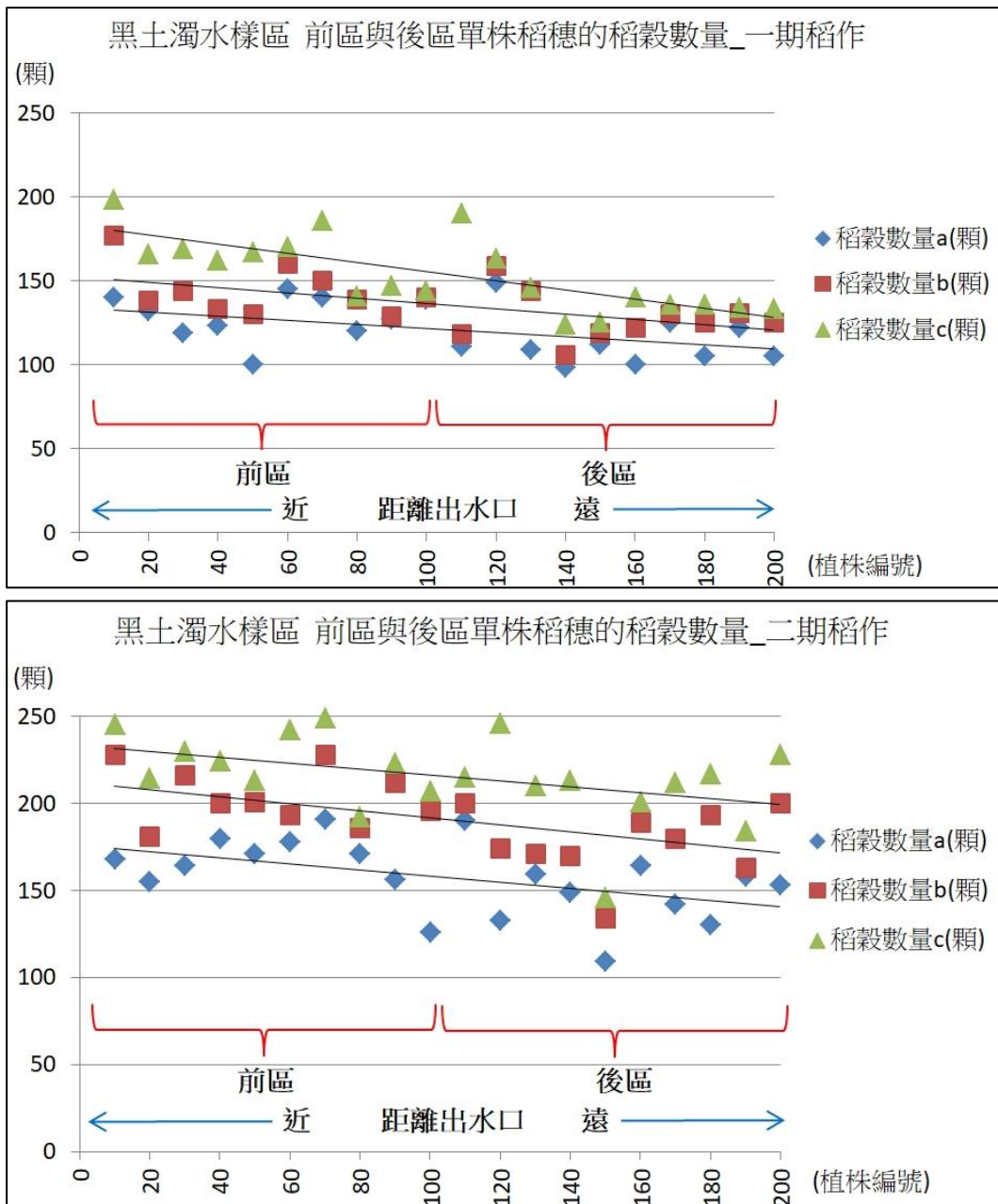
- 1、 無論是一期或二期稻作，有濁水灌溉的樣區隨著距離出水口越遠，稻穀數量都有減少的趨勢。但是黑土地下水樣區反而呈現稍有增加的現象。我們思考這是不是濁水中含有較多會沉澱的泥質顆粒，而地下水沒有，所以導致了這個現象？



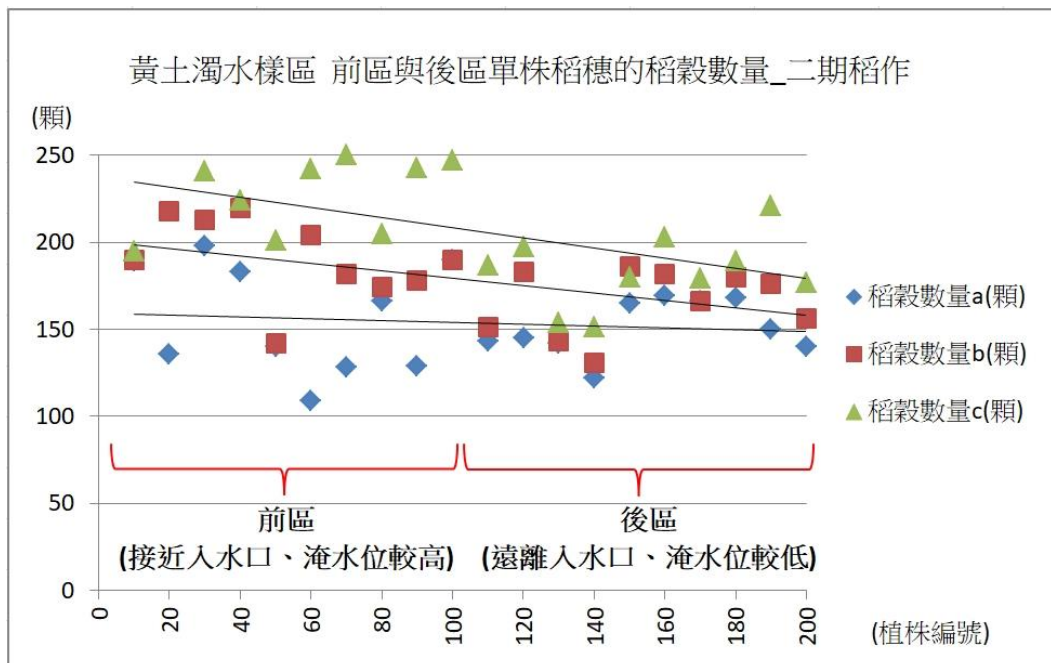
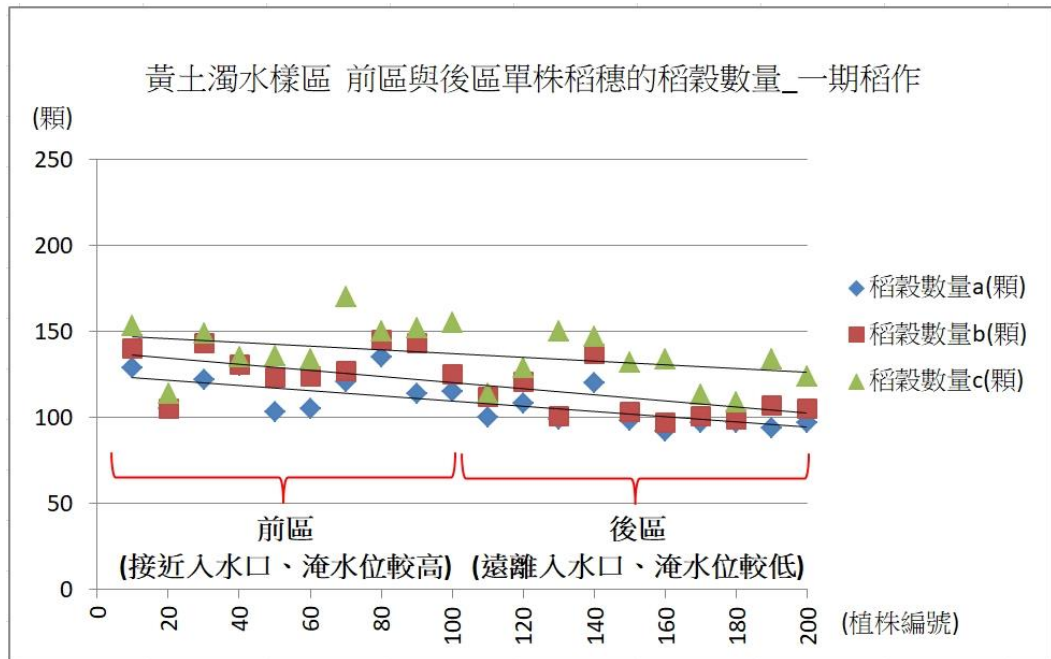
圖十三、距離出水口不同遠近的單枝稻穗的稻穀平均數量

2、為了進一步了解濁水沉澱物與稻穀數量的關係，我們把隨機取樣的三枝稻穗稻穀數量由少到多排列，依序為稻穀數量 a、稻穀數量 b、稻穀數量 c，用來觀察出水口前段(前 10 束水稻)與後段(後 10 束水稻)的量測數據。

- (1) 黑土濁水與黃土濁水樣區的一期稻作中，同一束水稻取樣的稻穀數量比較集中。而二期稻作的同一束水稻取樣的稻穀數量差異相對比較大。
- (2) 在黑土濁水與黃土濁水樣區中，距離出水口越遠，稻穀數量有減少的趨勢。
- (3) 相對於黑土濁水樣區的前段與後段其實是在同一樣區，只是距離不同，因此數據變化呈現漸進式的減少。而黃土濁水樣區是被田埂分成兩個淹水條件不同的兩小區。因此前區與後區的稻穀數量在交界處明顯陡降，而不是漸進式的減少。



圖十四、黑土濁水區距離出水口不同遠近的各项成長數據比較。



圖十五、黃土濁水樣區前區與後區的各项成長數據比較。

(五) 綜合比較三種樣區的水稻成長數據：

(1) 植株高度(一期)：黑土濁水 > 黑土地下水 > 黃土濁水全區。

植株高度(二期)：黑土濁水 > 黃土濁水全區 > 黑土地下水。

(2) 莖部周長(一期)：黑土濁水 > 黑土地下水 > 黃土濁水全區。

莖部周長(二期)：黑土濁水 > 黑土地下水 > 黃土濁水全區。

(3) 分蘖數量(一期)：黑土濁水 > 黃土濁水全區 > 黑土地下水。

分蘖數量(二期)：黑土濁水 > 黑土地下水 > 黃土濁水全區。

(4) 單株稻穀數量(一期)：黑土濁水 > 黑土地下水 > 黃土濁水全區。

單株稻穀數量(二期)：黑土濁水 > 黃土濁水全區 > 黑土地下水。

表二、不同實驗樣區的水稻生長數據總表

實驗樣區類型	植株高度 (cm)	莖部周長 (cm)	分蘖數量 (株)	單枝稻穗的 稻穀平均數量(顆)
黑土濁水_一期	91.1 ± 4.0	28.4 ± 3.8	34.9 ± 3.6	137.0 ± 15.7
二期	96.8 ± 3.7(△)	24.9 ± 2.0(▼)	34.6 ± 6.0(▼)	187.9 ± 19.5(△)
黑土地下水_一期	86.2 ± 5.1	26.3 ± 3.9	31.1 ± 7.3	134.9 ± 18.1
二期	90.9 ± 4.2(△)	21.7 ± 2.4(▼)	24.9 ± 3.9(▼)	123.8 ± 21.6(▼)
黃土濁水(全區)_一期	83.7 ± 4.6	22.5 ± 3.0	31.4 ± 4.4	121.7 ± 13.9
二期	91.0 ± 7.4(△)	20.2 ± 2.1(▼)	24.2 ± 2.8(▼)	179.7 ± 21.0(△)
黃土濁水(前區)_一期	84.7 ± 5.5	24.6 ± 2.6	30.3 ± 3.7	131.1 ± 11.2
二期	97.3 ± 3.2(△)	20.8 ± 1.9(▼)	25.4 ± 2.3(▼)	192.6 ± 16.8(△)
黃土濁水(後區)_一期	82.6 ± 3.3	20.5 ± 1.9	32.5 ± 5.0	112.4 ± 9.5
二期	84.7 ± 4.0(△)	19.1 ± 2.1(▼)	22.9 ± 2.9(▼)	166.7 ± 16.6(△)

註、△表示相較於一期稻作，二期稻作的數據變大，▼表示數據變小。

陸、討論

- 一、以樣區類型來看，植株高度與莖部周長在有黑土的樣區中會比黃土有較好的生長數據。其次，以濁水灌溉的樣區又比地下水樣區還要好。植株分蘗數量則同樣是黑土濁水樣區最好，黑土地下水與黃土濁水樣區數據差不多。這可能是因為黑土與濁水供應較多水稻生長的營養物質。
- 二、以不同時期的稻作來看，三類樣區都顯示植株高度以二期稻作數據較高，至於莖部周長與分蘗數量則在二期減少。可見環境變因對兩期稻作在不同的生長表現會有不同的影響。
- 三、在二期稻作中，單束水稻的稻穀數量以黑土濁水樣區最多，其次是黃土濁水樣區，然後是黑土地下水樣區。顯示濁水對於稻穀數量有明顯相關性。但是在隔年的一期稻作中，黑土地下水樣區的稻穀數量如文獻所說的會比較多，而以濁水灌溉的另外兩個樣區卻大幅度的下降了。這可能是因為二期稻作引水灌溉期間是八堡圳的水質混濁期，濁水中的物質帶給水稻大量的營養需求。而一期稻作期間是水圳的相對澄清期，這時候水稻的生長受到氣候條件影響相對較大，三個樣區的稻穀數量差異也就沒有像二期稻作的幅度那麼明顯了。
- 四、從植株距離出水口的遠近來看，黑土濁水樣區的植株距離出水口越遠，單一稻穗的稻穀數量有減少的趨勢，而此現象在二期稻作的水圳混濁期更是明顯。我們參考水稻阿伯提供的濁水沉澱觀察記錄與相關文獻，沉澱物的沉澱現象跟顆粒大小、水流速度等條件有關。隨著離出水口越遠、水流力量越弱，水中可沉澱的物質也就越少。
- 五、但是黃土濁水前區與後區除了單一稻穗的稻穀數量明顯在中間的植株之後下降，在植株高度、莖部周長與分蘗數量等數據中也都出現後區比前區還小的現象。這可能是因為黃土樣區中間是田埂分隔，導致前後兩區域的水質條件差異更加明顯不同，沉澱物不易到達後區。這也反應出灌溉水的沉澱物所扮演的角色應該很重要。
- 六、此外，現場觀察發現黃土濁水樣區的病蟲害比其他樣區常見，尤其是二化螟蟲、飛蟲等現象。水稻阿伯認為是因為後區引水灌溉的時候水位不夠高所導致。我們認為濁水沉澱物不易到達後區，導致營養成分不足、生長條件較差，可能也是一個因素。

七、特別的是，我們參考水稻阿伯將 108 年二期稻作收成的水稻送至檢驗單位的報告表，可見到在相同體積的米量淨重依序為：黑土濁水 > 黑土地下水 > 黃土濁水。可見米粒的淨重(密度)似乎仍是黑土的土壤條件比濁水的灌溉水條件還重要。

表三、相同體積的稻米淨重

樣區類型	黑土濁水樣區	黑土地下水樣區	黃土濁水樣區
送驗樣本 1 淨重(斤)	1.27	1.08	1.05
送驗樣本 2 淨重(斤)	1.35	1.21	1.06



圖十六、水稻阿伯的水稻收成之後送交檢驗的稻穀樣本

柒、結論

- 一、調查樣區含有黑土成分或是濁水供應的水稻，其在莖部周長、植株高度、分蘗數量、以及收成淨重都比較好。尤其在單株稻穗的稻穀數量上更是明顯。可見黑土與濁水確實提供濁水米較佳的生長條件。
- 二、黑土本身來自於濁水溪的長年沉積，而濁水則在每年透過雨季由山上沖刷攜帶至彰化平原，兩者都能提供水稻生長的營養物質。但是在水圳澄清期的一期稻作稻穀數量大幅度下降，以及距離出水口越遠的水稻生長數據越低，可見水稻對營養物質的需求除了黑土本身之外，仍需每年持續透給濁水溪的八堡圳作補充。
- 三、引水時水位不夠高的水稻除了生長收成較差之外，對於病蟲害的抵抗力也明顯較低。
- 四、透過長年觀察濁水濃度變化，從八堡二圳取水的時機成為能否取得營養的關鍵之一。但是水稻阿伯說，引水圳水灌溉比起抽取地下水灌溉除了更耗費時間與心力之外，還需要對水圳濁度變化有所掌握。可見農民的經驗與田間管理是濁水米收成的關鍵因素之一。
- 五、我們建議濁水米的認證可以列入兩項履歷資料，一為濁水溪黑土條件，二為引用八堡圳的濁水灌溉。
- 六、改進空間與展望：
 - (一) 正港的濁水米除了增加產量之外，米粒的澱粉、醣類、口感等部分都有比一般米還好嗎？我們原計畫做這些檢測，但是搜尋相關資料發現這些檢測技術都蠻耗費時間與人力。若能進一步花時間獲取這些資訊，應該有助於讓濁水米獲得更高的肯定。
 - (二) 分析土壤與灌溉用水的礦物質、有機質、酸鹼度等資訊，應該有助於比對何種因素是這三種樣區差異的關鍵。
 - (三) 水稻開花結穗至稻穀黃熟的收成期僅有兩周到三周，而中台灣的秋季天氣乾燥、陽光仍酷熱。我們現地調查時，為避免體力無法負荷而必須適時休息，能測量與計數的時間不多。若取樣數能提高，會更有助於統計分析與說服力。

捌、參考資料及其他

- 一、吳嘉峻等(2017)·食「米飯」敬「水土」－後山米之鄉成因探討·中華民國第 57 屆中小學科學展覽會，國中組，地球科學科。
- 二、維基百科：水稻·取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E7%A8%BB>
- 三、彰化縣農田水利會·取自 <https://www.chia.gov.tw/chiawww/Company/Org>
- 四、維基百科：沉澱·取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B2%89%E6%B7%80>
- 五、楊貴三(2019 年 11 月)·八卦台地_地形考察紀科學發展。
- 六、行政院農業委員會·稻米館·取自 <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=18391>
- 七、周芳瑜等(2009)·碘液調色盤--直鏈澱粉定量方法之改良·中華民國第四十八屆中小學科學展覽會，高職組，化工、衛工及環工科。
- 八、水稻阿伯的水稻送驗資料。

【評語】 030322

本研究主要探討不同地區的土壤條件（八卦山黃土或濁水溪黑土）以及不同灌溉水源對於稻作生長的影響，具有鄉土性。可惜的是本研究在實驗設計上未能控制單一變因；實驗中同時參雜不同土質、不同水源，甚至不同生長季節等因素，將無法進行結論的判定。

壹、研究動機

『挖種八米比別人卡水、嚟卡好吃！挖種才是正港濁水米！』我鄉的水稻阿伯對自家的八堡好米自信滿滿。好米除了見仁見智的口感之外，有哪些外觀現象可觀察嗎？能夠數據化嗎？阿伯的水稻田有濁水溪黑土與八卦山黃土兩種土壤類型，以及八堡圳濁水與地下水兩種灌溉用水。我們想用交叉比對不同土壤與灌溉水的方式，找出種變因會反應在水稻的生長與產量上。

市面上所謂濁水米是否也可能參雜一般米來濫竽充數？而濁水米究竟是濁水溪平原的水稻？還是引用濁水溪濁水灌溉的稻米？濁水米能不能像國際精品葡萄酒或咖啡一樣有特定、甚至法定的產區認證機制呢？

本研究將不同土壤類型與灌溉用水的水稻進行各項生長表現的測量，希望以數據化的客觀觀察來比對水稻的成長與產量差異。也許，還能讓我鄉水稻阿伯的正港濁水米找到產地認證的依據。

貳、研究目的

- 一、觀察研究樣區的種植環境，以認識水稻生長過程、土壤類別、灌溉用水與農民的田間管理方式。
- 二、測量單東水稻各項生長與產量數據，找出土壤類別與灌溉用水等變因對水稻生長的影響。
- 三、觀察數據以了解植株與出水口的距離是否會與水稻的生長表現有關連性。
- 四、對照二期(2019年)與一期稻作(2020年)，以探討個別樣區在不同時期的水稻生長是否會有不同。

參、研究設備及器材

- 一、研究設備
學校實驗室之實驗器材、廣用試紙、PH-meter。
- 二、研究材料
1.0m皮尺；3.0m卷尺；1000gw彈簧秤。
- 三、應用軟體
Office Excel/Word；
Fotosizer；PicPick圖表處理軟體。

肆、研究過程或方法

一、樣區現場環境變因觀察與資料搜尋(圖一)：

(一)實驗樣區土質(圖二_2)：

- 1、舊濁水溪沖積扇所沉積的黑土。
- 2、農民大約十年前為了墊高水位而取自八卦山的黃土。

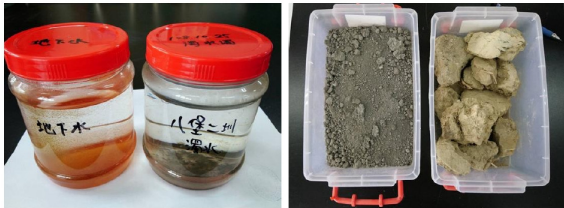
(二)實驗樣區水質(圖二_1)：

- 1、引自八堡圳灌溉渠道的濁水溪黑水。
- 2、抽取自地下水井的地下水。

(三)水質酸鹼度、濁水濁度變化與沉澱現象觀察。



(1)八堡二圳灌溉水道 (2)水圳濁水進水口 (3)抽取地下水進水口。



(1)左-地下水、右-八堡二圳。 (2)左-濁水溪沖積黑土、右-八卦山紅土。

圖二、實驗樣區土壤樣本與水質樣本



(4)濁水黑土樣區 (5)黑土地下水樣區 (5)紅土濁水樣區

圖一、取樣樣區的環境變因觀察

二、三種樣區各項環境變因的比對：

- (一)比較三種樣區的水稻生長與產量差異。
- (二)比較黑土濁水樣區，距離出水口較近及距離出水口較遠的水稻生長與產量差異。
- (三)比較黃土濁水樣區，距離出水口較近的前區及距離出水口較遠的後區的水稻差異。
- (四)比較三種樣區的二期稻作(2019年)與一期稻作(2020年)的各項觀察數據。



https://fhdhdg.com/img/taian.html

三、測量水稻生長數據(圖三)：

- (一)標記水稻編號：從出水口開始起算，每隔十株水稻作為一次取樣，編號為010、020、030...，其餘依序類推。
- (二)各項測量變因：1、植株高度。2、莖部周長。3、分蘗數量。4、單支稻穗的稻穀數量。

四、調查日期：

(一)樣區環境與水稻成長觀察：

- 二期稻作：2019年7月~2019年11月
一期稻作：2020年1月~2020年6月

(二)生長數據測量：

- 2019年：10/22、10/29、11/5，
2020年：5/12、5/13、5/20、5/27，
共計七次，進行稻田現場密集測量。



(1)標記水稻編號。 (2)測量單東水稻高度。 (3)測量莖部周長。 (4)計算單枝稻穗的稻穀數量。
圖三、各項水稻成長數據的測量方法

伍、研究結果

一、水稻的成長過程觀察。

- (一)成長與收成資訊(圖四)。
- (二)認識並觀察病蟲害(圖五)。
- (三)認識農民的田間管理。
- (四)不同灌溉用水的



(五)全年每個月灌溉水圳濁水濃度觀察。

(資料來源：水稻阿伯提供的觀察紀錄與想法)

年份	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
107年	水質	無水	清澈	清澈	清澈	清澈	黃濁	濁	濃	濃	濃	濁	無水
	備註	停水期	2/4 水到	正常	梅雨	梅雨	山上降雨	大暑	大雨	白露	霜降	立冬	停水期
108年	水質	無水	清澈	清澈	清澈	黃濁	濁	濁	濃	濁	濁	無水	無水
	備註	停水期	立春	正常	梅雨	霖雨	全台灣雨	大暑	山上下雨	白露	霜降	立冬	停水期

(六)濁水沉澱與田間能量調查：取濁水與地下水各500ml，靜置後觀察其變化。

時間	濁水 (靜置)	濁水 (明礬粉)	地下水 (靜置)	地下水 (明礬粉)
0 min	混濁	混濁	稍有混濁	稍有混濁
5 min	混濁	混濁	稍有混濁	清澈
10 min	混濁	混濁	清澈	清澈
15 min	混濁	混濁	清澈	清澈
20 min	混濁	混濁、沉澱	清澈	清澈
25 min	漸清	清澈、沉澱	清澈	清澈、沉澱
30 min	清澈、沉澱	清澈、沉澱	清澈	清澈、沉澱



(1)廣用試紙檢測結果 (2)地下水-未流入田裡 (3)八堡濁水-未流入田裡 (4)八堡濁水-流入田裡

二、環境變因：

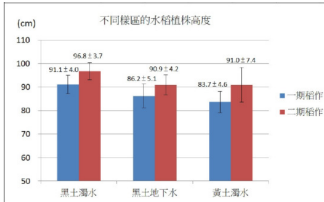
(一)實驗樣區位於八堡二圳灌溉支流，共有三區(圖七)：

- 1、黑土濁水樣區。
- 2、黑土地下水樣區。
- 3、黃土濁水樣區。

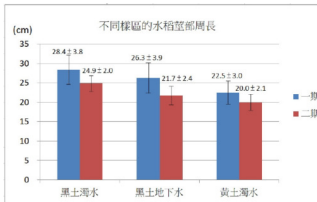
(二)三種樣區的水稻生長數據比較：



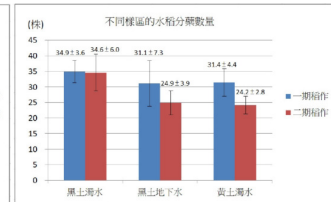
圖七、實驗樣區google空拍圖



圖八、不同樣區的水稻植株高度比較



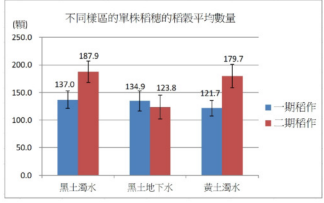
圖九、不同樣區的水稻莖節部周長比較



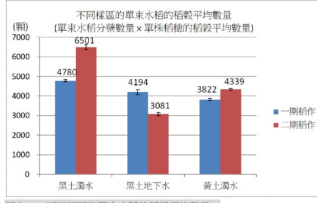
圖十、不同樣區的水稻分蘗數量比較

(三)三種樣區的稻穀數量比較。

- 1、單枝稻穗的稻穀平均數量；
- 2、換算單東水稻的稻穀數量；



圖十一、不同樣區的單枝稻穗的稻穀平均數量



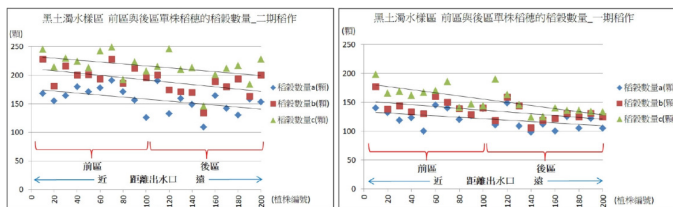
圖十二、不同樣區的單東水稻的稻穀平均數量

表一、單東水稻的稻穀平均數量

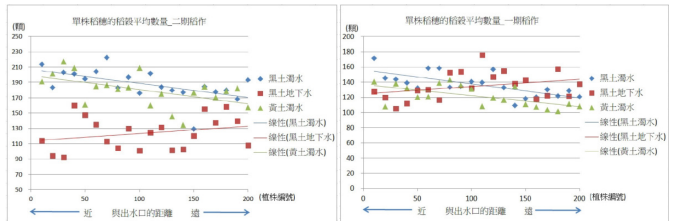
實驗樣區類型	分蘗數量(株)	單枝稻穗的 稻穀平均數量(顆)	單東水稻的		△稻穀總數量
			稻穀平均數量(顆)	稻穀平均數量(%) (相對於第一期)	
一期_黑土濁水	34.9 ± 3.58	137.0 ± 15.7	4780 ± 56		
二期_黑土濁水	34.6 ± 5.98	187.9 ± 19.5	6501 ± 117	+1721 (+26%)	
一期_黑土地下水	31.1 ± 7.33	134.9 ± 18.1	4194 ± 133		
二期_黑土地下水	24.9 ± 3.88	123.8 ± 21.6	3081 ± 84	-1113 (-36%)	
一期_黃土濁水	31.4 ± 4.43	121.7 ± 13.9	3822 ± 62		
二期_黃土濁水	24.2 ± 2.83	179.7 ± 21.0	4339 ± 59	+517 (+12%)	

註、分蘗數量 × 單枝稻穗的稻穀平均數量 = 單東水稻的稻穀平均數量

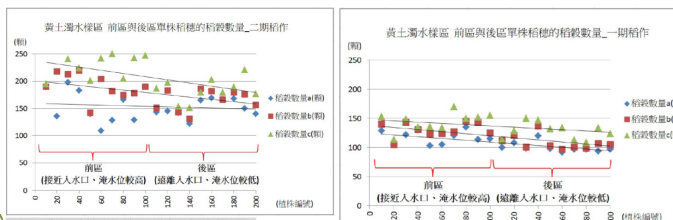
(四)相同樣區中，比較距離出水口不同遠近的單枝稻穗的稻穀平均數量。



圖十三、黑土濁水樣區前區與後區單枝稻穗的稻穀平均數量



圖十四、距離出水口不同遠近的單枝稻穗的稻穀平均數量



圖十五、黃土濁水樣區前區與後區單枝稻穗的稻穀平均數量



※水稻阿伯長年觀察的土壤及濁水濃度調查樣本

(五)綜合比較三種樣區的水稻成長數據：

表二、不同實驗樣區的水稻生長數據總表

實驗樣區類型	植株高度 (cm)	莖節周長 (cm)	分蘗數量 (株)	單枝稻穗的 稻穀平均數量(顆)
黑土濁水_一期	91.1 ± 4.0	28.4 ± 3.8	34.9 ± 3.6	137.0 ± 15.7
二期	96.8 ± 3.7(△)	24.9 ± 2.0(▼)	34.6 ± 6.0(▼)	187.9 ± 19.5(△)
黑土地下水_一期	86.2 ± 5.1	26.3 ± 3.9	31.1 ± 7.3	134.9 ± 18.1
二期	90.9 ± 4.2(△)	21.7 ± 2.4(▼)	24.9 ± 3.9(▼)	123.8 ± 21.6(▼)
黃土濁水(全區)_一期	83.7 ± 4.6	22.5 ± 3.0	31.4 ± 4.4	121.7 ± 13.9
二期	91.0 ± 7.4(△)	20.2 ± 2.1(▼)	24.2 ± 2.8(▼)	179.7 ± 21.0(△)
黃土濁水(前區)_一期	84.7 ± 5.5	24.6 ± 2.6	30.3 ± 3.7	131.1 ± 11.2
二期	97.3 ± 3.2(△)	20.8 ± 1.9(▼)	25.4 ± 2.3(▼)	192.6 ± 16.8(△)
黃土濁水(後區)_一期	82.6 ± 3.3	20.5 ± 1.9	32.5 ± 5.0	112.4 ± 9.5
二期	84.7 ± 4.0(△)	19.1 ± 2.1(▼)	22.9 ± 2.9(▼)	166.7 ± 16.6(△)

註、△表示相較於一期稻作，二期稻作的數據變大，▼表示數據變小。

陸、討論

- 一、以樣區類型來看，植株高度與莖部周長在有黑土的樣區中會比黃土有較好的生長數據。其次，以濁水灌溉的樣區又比地下水還要好。植株分蘗數量則同樣是黑土濁水樣區最好，黑土地下水與黃土濁水樣區數據差不多。
- 二、以不同時期的稻作來看，三類樣區都顯示植株高度以二期稻作較高，至於莖部周長與分蘗數量則在二期減少。
- 三、在二期稻作中，單東水稻的稻穀數量以黑土濁水樣區最多，其次是黃土濁水，然後是黑土地下水。顯示濁水對於稻穀數量有明顯相關性。但是在隔年的一期稻作中，黑土地下水樣區的稻穀數量如文獻所說的會比較多，而濁水灌溉的另外兩個樣區卻大幅度的下降了。這可能是因為二期稻作引水灌溉期間是八堡圳的水質混濁期，濁水帶給水稻大量的營養需求。而一期稻作期間是水圳的相對澄清期，此時水稻的生長受到氣候條件影響相對較大，三個樣區的稻穀數量差異也就沒有像二期稻作的幅度那麼明顯了。
- 四、從植株距離出水口的遠近來看，黑土濁水樣區的植株距離出水口越遠，單一稻穗的稻穀數量有減少的趨勢，而且此現象在二期稻作的水圳混濁期更是明顯。我們參考水稻阿伯提供的濁水觀察記錄與相關文獻，沉澱物的沉澱現象跟顆粒大小、水流速度等條件有關。隨著離出水口越遠、水流力量越弱，水中可沉澱的物質也就越少。
- 五、黃土濁水前區與後區除了單一稻穗的稻穀數量明顯在中間的植株之後下降，在植株高度、莖部周長與分蘗數量等數據也都是後區比前區還小。這可能是因為黃土樣區中間的田埂分隔，導致前後兩區域的水質條件差異更加明顯，沉澱物不易到達後區。這也反應出灌溉水的沉澱物所扮演的角色應該很重要。
- 六、黃土濁水樣區的病蟲害比其他樣區常見。水稻阿伯認為是因為後區引水灌溉的時候淹水不夠高所導致。我們認為濁水沉澱物不易到達後區，導致營養成分不足、生長條件較差，可能也是一個因素。
- 七、特別的是，我們參考水稻阿伯將108年二期稻作送至檢驗單位的報告表，可見在相同體積的米量淨重依序為：黑土濁水 > 黑土地下水 > 黃土濁水。可見米粒的淨重(密度)似乎是黑土的土壤條件比濁水的灌溉水條件還重要。

表三、相同體積的稻米淨重(2019年二期稻作)

樣區類型	黑土濁水樣區	黑土地下水樣區	紅土濁水樣區
送驗樣本1 淨重(斤)	1.27	1.08	1.05
送驗樣本2 淨重(斤)	1.35	1.21	1.06



圖十三、水稻阿伯的水稻收成之後送交檢驗的稻穀樣本

柒、結論

- 一、調查樣區含有黑土成分或是濁水供應的水稻，其在莖部周長、植株高度、分蘗數量，以及收成淨重都比較好。尤其在單株稻穗的稻穀數量上更是明顯。可見黑土與濁水確實提供濁水米較佳的生長條件。
- 二、黑土本身來自於濁水溪的長年沉積，而濁水則在每年透過雨季由山上冲刷攜帶至彰化平原，兩者都能提供水稻生長的營養物質。但是水圳澄清期的一期稻作稻穀數量大幅下降，以及距離出水口越遠的水稻生長數據越低，可見水稻對營養物質的需求除了黑土本身之外，仍需每年持續透過濁水溪的八堡圳作補充。
- 三、引水時水位不夠高的水稻除了生長收成較差之外，對於病蟲害的抵抗力也明顯較低。
- 四、透過長年觀察濁水濃度變化，從八堡二圳取水時機成爲能否取得營養的關鍵之一。水稻阿伯說，引水圳水來灌溉比起抽取地下水灌溉除了更耗費時間與心力之外，還需要對水圳濁度變化有所掌握。可見農民的經驗與田間管理是濁水米收成的關鍵因素之一。
- 五、我們建議濁水米的認證可以列入兩項履歷資料：一為濁水溪黑土條件，二為引用八堡圳的濁水灌溉。
- 六、改進空間與展望：
 - (一) 正港的濁水米除了增加產量之外，米粒的澱粉、醣類、口感等部分都有比一般米還好嗎？我們原計畫做這些檢測，但是搜尋相關資料發現這些檢測技術都蠻耗費時間與人力。若能進一步花時間獲取這些資訊，應該有助於讓濁水米獲得更高的肯定。
 - (二) 分析土壤與灌溉用水的礦物質、有機質、酸鹼度等資訊，應該有助於比對何種因素是這三種樣區差異的關鍵。
 - (三) 水稻開花結穗至稻穀黃熟的收成期僅有兩周到三周，而中台灣秋季天氣乾燥、陽光酷熱。我們現地調查時，常常必須適時休息，能測量與計數的時間不多。若取樣數能提高，會更有助於統計分析與說服力。

捌、參考資料及其他

- 一、吳嘉峻等(2017)·食「米飯」敬「水土」—後山米之鄉成因探討·中華民國第57屆中小學科學展覽會，國中組，地球科學科。
- 二、維基百科：水稻·取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E7%A8%BB>
- 三、彰化縣農田水利會·取自<https://www.chia.gov.tw/chiawww/Company/Org>
- 四、維基百科：沉澱·取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B2%89%E6%B7%80>
- 五、楊貴三(2019年11月)·八卦台地地形考察紀科學發展。
- 六、行政院農業委員會·稻米館·取自<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=18391>
- 七、周芳瑜等(2009)·碘液調色盤--直鏈澱粉定量方法之改良·中華民國第四十八屆中小學科學展覽會，高職組，化工、衛工及環工科。
- 八、水稻阿伯的水稻送驗資料。