

# 不同種類污水對水稻土壤之影响及污水害調查方法之研究

鄭榮賢

潘文和

## 摘 要

1. 在二期作高溫下，玉米澱粉、麵粉、塑膠等廢水，因急速發酵易使水稻生育之較早期枯萎，玉米澱粉在插秧後第10天稈稻全部枯死，麵粉廢水在插植後第10天稈稻枯死。塑膠廢水續灌一期在插秧後第10天稈稻全部枯死；一期作低溫期，玉米澱粉、塑膠廢水、電鍍廢水、皮革廢水等仍然使水稻於插秧後2~3星期枯死，因此以上之廢水對於水稻為害較大，其他廢水雖無很明顯的枯萎，但對生育均有抑制現象。
2. 利用廢水灌溉，而對水稻產量無影响者，二期作有煉油廠處理廢水與未處理廢水、遠東石綿廠、養豬場豬糞尿廢水；一期作有養豬場豬糞尿廢水、豬宰場廢水。對水稻產量影响嚴重者，二期作有玉米澱粉廠、麵粉廠、皮革廠、塑膠廠、電鍍廠；一期作有遠東石綿廠（稈稻）、立昌麵粉廠（續灌二次）台塑仁武廠、屏東紙漿廠、光陽電鍍廠、國泰皮革廠、煉油廠；故塑膠廠、電鍍廠、皮革廠等三種廢水若長期連續灌溉，將使稻田變為不毛之地。
3. 續灌廢水二次產量較續灌一次高者，七十二年二期稈稻有煉油廠處理，立昌麵粉廠、光陽電鍍廠、國泰皮革廠、稈稻有遠東石綿廠、紙漿廠；七十三年一期稈稻有煉油廠、立昌麵粉廠；稈稻有立昌麵粉廠、長治養豬場。
4. 由土壤分析結果顯示，連續灌溉遠東石綿廠廢水將提高土壤pH值2.0由5.0變為7.0，土壤有效性鉀增加1,308公斤/公頃，由319變為1,627公斤/公頃，連續灌溉養豬場及豬宰場廢水，將提高土壤 $P_2O_5$ 含量由90公斤/公頃變為1,217公斤/公頃，土壤有效性鉀由319變為1,663公斤/公頃。土壤鎳及銅鉛含量並沒有增加（但銅對養豬場及豬宰場連續灌溉有增加）。土壤鋅在續灌電鍍廠、養豬廠、豬宰場等廢水後有很顯著的增加，尤其電鍍廠土壤鋅含量有9 ppm變為70.8 ppm。



## 前 言

農業用水污染主要因各工廠排出之廢水進入農田灌溉系統所引起。近年來污水損害農作物之案件日漸增多，而糾紛之癥結在於無法確認責任主體，即使找到責任主體，也因無科學證據為由，拒絕協調解決，影響民衆對政府之信心。

污水對農作物損害之症狀及損害程度依污水種類而異，目前因缺乏該項資料，在處理糾紛過程中，無法使排出廢水的工廠俯首承認，更難據以估算合理之補償費，使雙方之糾紛獲得解決，為探究各類廢水對作物、土壤之影響，污水害調查方法，更能具體有效，特舉辦本試驗。

## 材料與方法

1. 試驗地點：本場網室

2. 實施期間：72年 7.月～73年 6.月

3. 試驗材料：

供試品種：水稻粳秈兩型各一品種。

粳稻：台農 67.號

秈稻：高秈 7.號

試驗材料：樹脂植盆、塑膠桶、取樣品、藥品及分析儀器。

4. 試驗方法：

(1) 污水種類：排水量較大的工廠廢水 10.種如下：包括有機廢水及無機廢水，另以本場地下抽出之水灌溉作對照，各類污水均自各廠放流口取得。

① 石油公司煉油廠處理廢水。

② 石油公司煉油廠未處理廢水。

③ 遠東石綿廠廢水。

④ 立昌麵粉廠廢水。



- ⑤台塑仁武廠廢水。
- ⑥志能玉米澱粉廠廢水。
- ⑦台糖屏東紙漿廠處理廢水。
- ⑧對照區。
- ⑨光陽公司電鍍廠處理廢水。
- ⑩國泰皮革廠廢水。
- ⑪長治養豬場豬糞尿。
- ⑫台畜豬宰場。

(2)試驗方法：

- ①試驗用土壤為前年試驗過之原土壤，盆面積 1 / 200,000 公頃。
- ②灌水及施肥：整地插植以後，每盆施灌污水量及灌水期間相同，施肥量 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O : 120 (一期) : 54 : 60 公斤 / 公頃，分基肥 100 (二期) 及追肥 (一期30天，二期20天)、穗肥三次施用。
- ③試驗設計：採裂區設計，以品種為主區，污水則為副區，每盆種植 1 株 (5 苗) 重複四次，以探究污染質累積對水稻生長產量之影響。
- ④調查：插秧後每20天調查生育，測定株高及分蘖、成熟期調查稻穀產量，污水害症狀，呈現時期部位、程度、詳細追蹤症狀發展經過，試別不同污水間之差異。
- ⑤分析：水質分析 - pH、DO、COD、BOD、EC 及重金屬包括 Cd、Pb、Cu、Zn 等植物體營養素，土壤肥力及重金屬含量等。

## 結果與討論

### 1. 不同種類污水對水稻生育之影響：

- ①七十二年二期作，10種污水中對水稻生育影響最大者為玉米澱粉廠污水，其次為塑膠廠污水及麵粉廠污水。10種污水中對水稻生育影響輕微者



爲石綿廠污水、紙漿廠污水及養豬場污水、台畜豬宰場污水。灌溉玉米澱粉廠污水，梗秈稻地於插秧後10.天全部枯死；灌溉塑膠廠污水續灌溉一次者，梗秈稻均於插秧後10.天全部枯死；灌溉麵粉廠污水，梗稻生育初期即受嚴重的影响，而秈稻於插秧後10.天全部枯死。

- ②七十三年一期作在梗稻方面10.種污水中對水稻生育影响最大者爲塑膠廠污水、電鍍廠及皮革廠等污水，水稻於插秧後二星期全部枯死；灌溉煉油廠污水續灌一次者水稻於插秧後60.天枯死；灌溉麵粉廠污水，續灌一次者，水稻於插秧後70.天枯死。10.種污水中對於水稻生育影响輕微者爲養豬場污水及台畜豬宰場污水。在秈稻方面，10.種污水中對水稻生育影响最大者爲塑膠廠污水、電鍍廠污水、皮革廠污水及煉油廠污水、石綿廠污水，其次爲麵粉廠污水。灌溉塑膠廠、電鍍廠、皮革廠、煉油廠等污水，水稻於插秧後二星期全部枯死，灌溉石綿廠污水，水稻於插秧後四星期全部枯死；灌溉麵粉廠污水，水稻於插秧後70.天枯死。10.種污水中對水稻生育影响輕微者乃爲養豬場及豬宰場污水。

## 2. 不同種類污水對水稻產量之影响：

- (1)七十二年期作在梗稻方面，10.種污水中對水稻產量影响較大者爲玉米澱粉廠及塑膠廠，水稻全部無收；其次麵粉廠減產 71.5 ~ 83.1 %，電鍍廠減產 49.2 ~ 86 %；皮革廠減產 40.9 ~ 73.9 %；產量受影响輕者爲豬宰場減產 8.8 %，紙漿廠減產 4.1 ~ 5.1 %。灌溉污水，水稻產量反而提高者爲煉油廠增產 20.6 ~ 47.1 %，石綿廠增產 2.5 %，養豬場增產 13.6 %。在秈稻方面，10.種污水中對水稻產量影响較大者爲麵粉廠、塑膠廠、玉米澱粉廠等，水稻全部無收，其次爲皮革廠減產 74.4 ~ 77.6 %，電鍍廠減產 53.3 ~ 54.4 %，紙漿廠減產 8.3 ~ 20.6 %。產量受影响較輕者爲養豬場減產 1.5 %，豬宰場減產 7.4 %。灌污水，水稻產量反而提高者爲煉油廠增產 23.5 ~ 62.9 %，石綿廠增產 23.2 ~ 45.5 %。

- (2)七十三年一期作在梗稻方面，10.種污水中對水稻產量影响較大者爲塑膠廠、電鍍廠、皮革廠、麵粉廠續灌一次，煉油廠續灌一次等，水稻全部



無收，其次煉油廠續灌二次減產 48.1%，紙漿廠減產 25.1～54.4%，石綿廠減產 11.1～21.5%。灌溉污水，水稻產量反而提高者為養豬場增產 14.7%，豬宰場增產 31.5～44.1%。在秈稻方面，10種污水對水稻產量影响較大者為塑膠廠、電鍍廠、皮革廠、煉油廠、石綿廠等，水稻全部無收，其次紙漿廠減產 31.3～62.9%，灌溉污水，水稻產量反而提高者為養豬場增產 33.7～58%，豬宰場增產 68.8～105.1%。

### 3. 污水害症狀調查：

污水害應先勘察，鑒定非病蟲害、生理病害、機械障害、氣象災害等，然後再進行症狀之觀察。

污水使水稻生長不正常，故以正常生長稻為對照比較而言，而水稻生長正常與否，必須就植體各器官之發育情形充分觀察，觀察部位為營養生長期為根、莖、葉，生殖生長期為根、莖、葉、穗粒。

水稻污水害症狀可分急性及慢性兩種，急性症狀如玉米澱粉廢水及麵粉廢水灌後即行枯萎，由根腐爛，再補植亦無法挽救；慢性症狀如紙漿等廢水，雖不致使水稻生育急速停止，但隨時間吸收水中多量的有效態氮而徒長，未屆成熟即提早枯死。

#### 一般污水害症狀

- (1) 葉枯：無論被害早晚均由下位葉開始枯死，活動中心葉較具耐性，但只要污染質繼續存在或增加而被大量吸收，最後活動中心葉仍難免枯死，灌污水之水稻早期枯乾之現象甚為普遍。
- (2) 根腐：有些污染質在土壤中急速還原分解產生有害酸類侵害根部，使稻根無法伸長蔓延，甚至腐爛變黑。（灌溉澱粉廢水在湛水時期水中常見水泡滾動，土壤變黑，有臭味，亦為斷定受害污水種類之依據。）
- (3) 莖數：包括分蘖成穗數、石綿、電鍍、皮革等廢水，抑制水稻分蘖致穗數減少，煉油廠、紙漿廠、養豬場、豬宰場等廢水，促進水稻分蘖數致穗數增多。澱粉等有機廢水，水稻分蘖驟增，於種植後60



~70.天之後期弱小，分蘖佔總分蘖數之三分之一以上，異乎正常稻，分蘖成穗數之異常亦為外觀上甚易察覺之症狀。

(4)株高：養豬場、豬宰場廢水易使稻株高大，致生育後期傾倒或發生莖部病害，電鍍廢水對水稻伸長有抑制。

(5)抽穗結實：灌污水即能抽穗，但抽穗後之穀粒結實情形多不正常，石綿廢水常使抽出中之稻穗胎死腹中，且抽穗慢而長。皮革廢水常使穀粒變黑，結實不良。煉油廠廢水稻穗有變小現象。養豬場稻穗大，但不結實多。

表一、污水害症狀調查結果

Table 1. Symptoms of polluted water injury

調查部位 污水種類	營養生長期 ( 插植 - 抽穗 )		生殖生長期 ( 抽穗 - 成熟 )		
	莖	葉	莖	葉	穗粒
1. 煉油廠處理	初期生育有受抑制，但不明顯。	葉片無斑點，下部葉枯萎少。	植株較正常稻稍矮，但分蘖較正常稻多3~5支。	生長正常，劍葉較短。	正常，穗數較大。
2. 煉油廠未處理	初期生育受抑制，但生育中期後較對照發育良好，分蘖多。	葉中無斑點，下部葉枯萎少較對照稻濃綠。	稈稻較對照矮2公分，秈稻反較對照高3公分。	葉片短化。	有小穗化現象穗長較短。
3. 遠東石綿廠	生長正常50天左右較對照發育良好，但後期差異不大，莖硬，不易倒伏。	葉片無斑點，葉色較對照淡，下部葉不枯萎。	稈稻較對照稍矮，但秈稻且較對照稍高。	生長正常。	正 常。



4.立昌麵粉廠	生長受抑制，株高與分蘗均顯著較對照差，軟弱。	葉片軟，細小 秈稻於插秧後10.天枯死。	植株矮化較對照矮8公分，成熟期前8天枯死。	葉片濃綠後期下位葉枯萎嚴重。	不稔粒多，產量極低。
5.台塑仁武廠	秈稻於種植後10.天枯死 粳稻有部分枯死，未枯死初期生育受抑制。	葉中無斑點，下位葉不枯萎，續灌一期於插植後10.天枯死。	生長不良，較對照矮，粳稻30公分，秈稻18.公分，穗數減少，粳稻8支，秈稻1支	葉片伸長良好	穗短，穗粒數少，稔實差，因此產量極低。
6.志能玉米澱粉	插植後10.天枯死。	同左	同左	同左	同左
7.紙漿廠處理	生長良好，與對照差不多。	葉片無斑點，下位葉不枯萎。	莖部發育正常	生長正常	稻粒較小，飽滿度較差，千粒重較對照輕
8.清水(對照)	生長正常	生長正常	生長正常，成熟期黃綠色。	生長正常，成熟期黃綠色。	稔實正常，成熟粒金黃色。
9.光陽電鍍廠	初期生長顯著受抑制，粳稻受抑制較秈稻明顯。	生長正常	植株較對照矮，粳稻矮27公分，秈稻矮8公分，穗數粳稻少10.支，秈稻2.7支。	生長正常。	稻穗正常，但精選率低，粳稻61%，秈稻76%，因此產量低。
10.國泰皮革廠	初期生長粳稻明顯受抑制。	葉片無斑點，下位葉枯萎。	成熟期粳稻均枯萎。	葉色濃綠，但在成熟期前7天乾枯。	穀粒變黑，結實差，產量低。



11.長治養豬場豬糞尿	初期生長較對照良好，尤其生育中期發育旺盛。	葉片濃綠，下位葉枯萎。	株高、穗數均較對照高而多，但於成熟期前10天乾枯。	葉色濃綠，劍葉較對照大。	穗大，但結實率較對照低。
12.台畜豬宰場	初期生長較對照良好。分蘗也較多。	葉片濃綠，下位葉枯萎。	株高與對照相同，穗數較對照多 1.5 支。	葉色濃綠，劍葉較對照大。	穗大，但結實率低，飽滿度差，因此千粒重較對照輕 5 公克。

#### 4. 各種類污水水質分析結果：

- (1) pH 以石綿及電鍍最高，石綿廢水，電鍍廢水 8.6 ~ 10.9，而以麵粉及澱粉最低，麵粉廢水 3.9 ~ 4.6，澱粉廢水 4.5。
- (2) DO 各廢水間差異不大。
- (3) COD 以麵粉、澱粉、養豬場等較高，麵粉廢水 3920 ~ 5328 ppm，澱粉廢水 8400 ppm，養豬場廢水 768 ~ 2170 ppm。
- (4) BOD 以澱粉、養豬場、豬宰場等較高，澱粉廢水 1571 ppm，養豬場廢水，205 ~ 313 ppm，豬宰場廢水 13 ~ 336 ppm。
- (5) EC 以電鍍、皮革、養豬及石綿等較高，電鍍廢水 2660 ~ 5385 umhos / cm，皮革廢水 2650 ~ 8245 umhos / cm，養豬場廢水 1640 ~ 3080 umhos / cm，石綿廢水 840 ~ 6140 umhos / cm。
- (6) Cu 以養豬場及豬宰場較高，養豬場 0.047 ~ 2.460 ppm，豬宰場 0.072 ~ 0.785 ppm。
- (7) Zn 以電鍍、養豬場、煉油廠等較高，電鍍廢水，0.104 ~ 0.141 ppm，養豬場廢水 0.21 ~ 3.58 ppm，煉油廠 0.135 ~ 5.29 ppm。

#### 5. 不同種類污水對稻田土壤之影響：



- Studies on the effects of different kinds of polluted water on the growth of rice plants irrigated with the water of electroplating factory, swine farm and swine blood.
- (1)連續灌溉煉油廠廢水，將使土壤 pH 降低 0.8，鋅增加 6.1 ppm。
  - (2)連續灌溉石綿廠廢水，將使土壤 pH 增加 1.8 ~ 2.0，氧化鉀增加 711 ~ 1308 公斤 / 公頃。
  - (3)連續灌溉澱粉廠廢水，將使土壤磷酐增加 72 ~ 165 公斤 / 公頃，氧化鉀增加 247 公斤 / 公頃。
  - (4)連續灌溉電鍍廠廢水，將使土壤磷酐增加 78 公斤 / 公頃，銅增加 6.2 ~ 15.6 ppm，鋅增加 25.5 ~ 61.8 ppm。
  - (5)連續灌溉皮革廠廢水，將使土壤 pH 降低 0.4 ~ 0.7，氧化鉀增加 115 ~ 404 公斤 / 公頃。
  - (6)連續灌溉養豬廢水，將使土壤 pH 增加 1.2 ~ 1.6，有機質增加 1.2 %，磷酐增加 513 ~ 1140 公斤 / 公頃，氧化鉀 440 ~ 1639 公斤 / 公頃，鉛增加 2.4 ~ 5.2 ppm，銅增加 3.0 ~ 22.3 ppm，鋅增加 1.7 ~ 41.3 ppm。
  - (7)連續灌溉台畜豬宰場廢水，將使土壤 pH 增加 0.7 ~ 1.5，有機質增加 0.9 %，磷酐增加 141 ~ 1,105 公斤 / 公頃，氧化鉀 434 公斤 / 公頃，銅增加 17.1 ppm，鉛增加 1.6 ~ 6.1 ppm，鋅增加 43.8 ppm。

#### 6.不同種類污水對稻體營養之影响：

- (1)稻谷：氮素含量較對照高者為麵粉廠、紙漿廠、電鍍廠、養豬廠。鉀素含量灌溉各種類之廢水均較對照為高，鋅含量較對照高者為煉油廠、電鍍廠、皮革廠、養豬廠。鎳含量較對照高者為塑膠廠紙漿廠。
- (2)稻葉：氮素含量每種污水均較對照為高，尤其養豬場及麵粉廠。鉀素含量較對照高者為石綿廠、麵粉廠、養豬廠。鋅含量較對照高者為養豬場、豬宰場。銅含量較對照高者為豬宰場。



## 結論與建議

1. 灌溉石綿廠、麵粉廠、塑膠廠、澱粉廠、紙漿廠、電鍍廠、皮革廠等廢水，對水稻產量均有很大影響，尤其澱粉廠、麵粉廠、塑膠廠、皮革廠、電鍍廠等廢水對水稻產量影響極為嚴重，因此上述之工廠，政府應嚴格管制其廢水排放入灌溉溝，並且強制工廠設置廢水處理設備。
2. 灌溉工廠廢水後，土壤分析結果：
  - (1) 灌溉石綿廠廢水將提高土壤 pH 值 2.0。
  - (2) 灌溉工廠廢水，土壤中之鎘、鉛、未發現顯著增加。
  - (3) 灌溉電鍍廠、養豬場、豬宰場豬血水等廢水，土壤中之鋅有顯著增加，尤其電鍍廠增加量最大。

## 參考文獻

1. 山縣登 1977 微量元素—環境科學特論
2. 李國欽、費雯綺、顏耀平 1979 台灣各地區水稻田土壤及水中砷含量調查 科學發展 7(8) : 789 - 809
3. 李錦地 1981 中港河流域汞污染之調查研究 水污染影響農業實況調查研究報告摘要 P. 31-46
4. 李錦地、張嵩林、郭錦洛、洪正中、張連傳 1982 毒性污染物使用量及殘餘量調查報告 台灣水污染防治所編印 123 pp
5. 林山峰—村野文男、友永剛太郎 1978 土壤污染と生物影響 生活と環境 23(8) : 30~39
6. 涉谷政夫、山添文雄、尾形保、能勢和夫 1978 環境污染と農業博友社 330 pp