

水稻各生育期灌溉廢水對產量及土壤之影響

鄭榮賢 黃建雄

摘 要

灌溉工廠原液對水稻產量影響最大者，一期作為塑膠廠減產 21.7 %，其次石棉廠減產 16 %，再次皮革廠減產 12.2 %；二期作石棉廠減產 6.8 %。此種灌溉工廠廢水對水稻產量影響程度，因灌溉時期不同而異；而灌溉時期對水稻產量影響程度，因工廠不同而異。

若將工廠廢水原液之 COD, BOD, PH 值等調整達符合工廠放流水標準時，除塑膠廠廢水減產 4.4 %，澱粉廠減產 1.4 %，石棉廠減產 3.6 % 外，灌溉其他工廠廢水則變為對水稻產量無影響。而一期作在水稻生育初期及中期灌溉廢水時產量受影響最大，其次為抽穗期；二期作在水稻生育中期灌溉工廠廢水時，產量受影響最大。灌溉工廠廢水後，植體稻谷及土壤中鎘、鉛、銅、鋅等重金屬均有微量增加現象。

前 言

農業用水污染主因，為由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及污水損害農作物之程度。廢水對農作物損害之程度，依廢水種類及農作物受廢水損害時期而異；目前因缺乏該項試驗資料，在處理糾紛過程中難以估算排出廢水工廠應給受害農友之補償額，使雙方之糾紛獲得圓滿協調解決，為探究不同種類廢水在水稻不同生育階段灌用，對其產量及土壤之影響程度，供為合理解決廢水害糾紛之依據，將舉辦本項試驗。

材 料 與 方 法

1. 試驗地點：本場網室
2. 實施期間：75年 7.月至 76年 6.月止。
3. 試驗材料：
 - (1) 供試品種：台農 67.號。
 - (2) 工廠廢水
4. 試驗方法：
 - (A) 廢水種類：煉油廠、台塑仁武廠、澱粉廠、紙漿廠、電鍍廠、皮革廠、養豬場。
 - (B) 灌溉廢水別：

原液—工廠排放到灌溉水溝之廢水。

稀液—把原液之COD, BOD, pH 值等調整達符合工廠放流水標準。

(C)試驗處理：

主區：水稻生育階段

- (1)插秧後 20 天內。
- (2)生育初期 (插秧後 I 30 ~ 50 天, II 20 ~ 40 天)。
- (3)生育中期 (插秧後 I 60 ~ 80 天, II 50 ~ 70 天)。
- (4)抽穗期 (抽穗後 20 天內)。

副區：廢水種類 8 種。

(D)試驗設計：

採裂區設計，水稻各生育階段為主區，廢水種類為副區，每盆種植 1 株 (五支苗)，重複四次。

(E)調查項目

- (1)生育調查：插秧後每 10 天調查株高與分蘖 1 次。
- (2)成熟調查：調查株高及穗數。
- (3)谷蘗產量調查。
- (4)水質分析：pH, COD、BOD、E. C., $\text{NH}_4 - \text{N}$, Cd Zn、Cu、Pd。
- (5)土壤肥力分析：pH、OM、 P_2O_5 、 K_2O Cd、Cu、Zn、Pb。
- (6)植物體營養分析：N、P、K、Cd、Zn、Cu、Pb。

結果與討論

一各工廠廢水對水稻產量之影響。

灌溉工廠原液對水稻產量影響最大者為 75 年二期作石棉廠減產 9.7%，其次為塑膠廠及紙漿廠減產 6.8%；76 年一期作塑膠廠減產 21.7%，其次為原棉廠減產 16%，再次為皮革廠減產 12.2%。若將工廠廢水原液之 COD, BOD, pH 值等調整達符合工廠放流水標準時，除灌溉塑膠廠廢水減產 4.4% 澱粉廠廢水減產 4.1%，石棉廠廢水減產 3.6% 外，灌溉其他工廠廢水則變為對水稻產量無影響。(表一)

表一 各工廠廢水對水稻產量之影響

工廠別		75 年 二 期		76 年 一 期		平 均	
		產 量 (公斤/ 公頃)	指 數 (%)	產 量 (公斤/ 公頃)	指 數 (%)	產 量 (公斤/ 公頃)	指 數 (%)
煉 油 廠	原 液	6980	99.2	9137	98.2	8058.5	98.7
	稀 液	7113	101.1	9290	99.8	8201.5	100.4
塑 膠 廠	原 液	6558	93.2	7286	78.3	6922	84.7
	稀 液	6953	98.9	8653	93.0	7803	95.6
澱 粉 廠	原 液	6650	94.6	9467	101.8	8058.5	98.7
	稀 液	7079	100.7	9022	97.0	8050.5	98.6
紙 漿 廠	原 液	6558	93.2	8254	88.7	7406	90.7
	稀 液	7037	100.1	9219	99.1	8128	99.5
石 棉 廠	原 液	6357	90.3	7813	84.0	7085	86.7
	稀 液	6851	97.4	8900	95.7	7875.5	96.4
皮 革 廠	原 液	6796	96.6	8167	87.8	7481.5	90.8
	稀 液	7191	102.2	9276	88.7	8233.5	100.8
養 豬 場	原 液	7595	108.0	10726	115.3	9160.5	112.1
	稀 液	7392	105.1	9328	100.3	8360	102.3
清	水	7033	100	9304	100	8168.5	100

三 水稻各生育時期灌溉工廠廢水對產量之影響

在生育初期及中期灌溉工廠廢水，對水稻產量影響最大，減產 7.3% 及 8.9%；其次為抽穗期減產 3.8%。（表三）

表二 水稻各生育時期灌溉工廠廢水對產量之影響

灌溉廢水時期	處理別	75年二期		76年一期		平均	
		產量 (公斤/公頃)	指數 (%)	產量 (公斤/公頃)	指數 (%)	產量 (公斤/公頃)	指數 (%)
插秧後 20天內	工廠廢水	6807	97.1	9165	100.3	7986	98.9
	清水	7010	100	9136	100	8073	100
生育初期	工廠廢水	6854	96.6	8490	89.8	7672	92.7
	清水	7096	100	9450	100	8273	100
生育中期	工廠廢水	6406	93.0	8369	89.7	7387.5	91.1
	清水	6888	100	9328	100	8108	100
抽穗期	工廠廢水	7070	99.1	8747	94.1	7908.5	96.2
	清水	7136	100	9300	100	8218	100

三、水稻各生育期灌溉不同種類廢水對水稻產量影響程度

(A) 75年二期作：

- (1) 煉油廠：生育中期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 2.4 %，其次為抽穗期減產 1.4 %，其餘兩個時期灌溉廢水水稻產量不受影響。
- (2) 塑膠廠：生育初期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 13.5 %；其次為插秧後 20 天內減產 8.3 %。
- (3) 澱粉廠：生育期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 13.1 %；其次為生育中期，減產 11.8 %，其次兩個時期灌溉廢水，水稻產量不受影響。
- (4) 紙漿廠：生育初期及中期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 11.3 % ~ 11.7 %；其次插秧後 20 天內減產 3 %。
- (5) 石棉廠：生育初期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 16.1 %；其次為插秧後 20 天內，減產 13.7 %。
- (6) 皮革廠：插秧後 20 天內灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 10.4 %；其次為生育中期，減產 5.5 %。
- (7) 養豬場：生育中期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 9.9 %，其次為抽穗期，減

產 1.8 %，其餘兩個時期灌溉廢水，水稻產量不受影響，反而增產，插秧後 20 天內灌溉增產 12.6 %，生育初期增產 30.7 %。

(B) 76 年一期作：

- (1) 煉油廠：生育初期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 6.2 %，其次為抽穗期減產 1.6 %，其他兩個時期灌溉廢水、水稻產量不受影響。
- (2) 塑膠廠：生育初期灌溉水稻產量影響最大，減產 30.7 %，其次為插秧後 20 天內減產 28.7 %，再次為生育中期減產 17.3 %。
- (3) 澱粉廠：生育初期及中期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 4.6 %，其次為抽穗期減產 3.9 %，而插秧後 20 天內灌溉廢水水稻產量反而增產 20 %。
- (4) 紙漿廠：生育初期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 21 %，其次為生育中期減產 16.8 %。
- (5) 石棉廠：生育初期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 20.3 %，其次為插秧後 20 天內減產 17.3 %。
- (6) 皮革廠：生育初期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 21 %，其次為生育中期減產 15.1 %。
- (7) 養豬場：生育中期灌溉廢水對水稻產量影響最大，減產 3.4 %，其餘時期灌溉廢水，水稻產量不受影響，反而增產，插秧後 20 天內及生育初期灌溉廢水增產 32 %。

表三 水稻各生育期灌溉不同種類廢水對水稻產量影響程度

期作別 灌溉時期 項目	75 年 二 期										76 年 一 期									
	插 後		生育初期 (插後 20 天)		生育中期 (抽後 50 天)		抽 穗 期 (抽穗後 20 天內)		插 秧 後		生育初期 (插後 30 天)		生育中期 (插後 60 天)		抽 穗 期 (抽穗後 20 天內)					
	產量 (公斤/公頃)	%	產量 (公斤/公頃)	%	產量 (公斤/公頃)	%	產量 (公斤/公頃)	%	產量 (公斤/公頃)	%	產量 (公斤/公頃)	%	產量 (公斤/公頃)	%	產量 (公斤/公頃)	%				
工 廠 別	7000	99.9	7164	101.0	6720	97.6	7036	98.6	9184	100.5	8860	93.8	9352	100.3	9152	98.4				
煉 油 廠	6428	91.7	6140	86.5	6660	96.7	7004	98.2	6512	71.3	6548	69.3	7712	82.7	8372	90.0				
塑 膠 廠	7200	102.7	6164	86.9	6076	88.2	7160	100.3	10976	120.1	9056	95.8	8896	95.4	8940	96.1				
澱 粉 廠	6800	97.0	6292	88.7	6080	88.3	7060	98.9	8704	95.2	7468	79.0	7760	83.2	9084	97.7				
紙 漿 廠	6048	86.3	5950	83.9	6588	95.6	6824	95.6	7552	82.7	7528	79.7	7932	85.0	8240	88.6				
石 棉 廠	6280	89.6	6990	98.5	6512	94.5	7400	103.7	9088	99.5	7468	79.0	7920	84.9	8192	88.1				
皮 革 廠	7892	112.6	9276	130.7	6208	90.1	7004	98.2	12140	132.9	12500	132.3	9010	96.6	9252	99.5				
養 猪 場	7010	100	7096	100	6888	100	7136	100	9136	100	9450	100	9328	100	9300	100				
清 水																				

四各工廠廢水水質分析結果

各工廠廢水水質經分析結果(1)煉油廠水質符合標準；(2)塑膠廠 pH值，COD，BOD 不合標準，另 E、C 有時太高。(3)澱粉廠 pH，COD，BOD 不合標準；(4)石棉廠 P^H 不合標準；(5)皮革廠 COD，BOD 不合標準，E、C 有時太高；(6)紙漿廠 COD 有時不合標準；(7)養豬場 COD，BOD 不合標準，E、C 有時也太高。(表四)

工廠名稱	項目	單位	分析結果
煉油廠	水質	pH	7.5
		COD	100
		BOD	50
		E	10
		C	10
		SS	10
		油類	10
塑膠廠	水質	pH	10.5
		COD	1500
		BOD	1000
		E	100
		C	100
		SS	100
		油類	10
澱粉廠	水質	pH	10.5
		COD	1500
		BOD	1000
		E	100
		C	100
		SS	100
		油類	10
石棉廠	水質	pH	10.5
		COD	1500
		BOD	1000
		E	100
		C	100
		SS	100
		油類	10
皮革廠	水質	pH	7.5
		COD	1500
		BOD	1000
		E	100
		C	100
		SS	100
		油類	10
紙漿廠	水質	pH	7.5
		COD	1500
		BOD	1000
		E	100
		C	100
		SS	100
		油類	10
養豬場	水質	pH	7.5
		COD	1500
		BOD	1000
		E	100
		C	100
		SS	100
		油類	10

表四 各工廠廢水水質分析結果

工廠別	分析項目		pH	E. C umhos/cm	C. O. D ppm	B. O. D ppm	NH ₄ -N ppm	P ppm	K ppm	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm	Cd ppm
	廢水濃度												
煉油廠	原液	7.6-7.8	1480-1870	64-171	8-78	0.84-4.0	0.47-1.60	5.0-6.5	0-0.052	0-0.093	0-0.009	0-0.007	
	稀液	7.8-7.9	920-1130	28-94	0-44	0.42-1.40	0.22-0.73	3.0-4.0	0-0.001	0-0.022	0-0.001	0-0.005	
	原液	8.2-12.4	877-7900	56-114	15-266	0-0.49	0.37-0.77	1.0-2.3	0.002-0.009	0-0.018	0-0.001	0-0.007	
塑膠廠	原液	8.2-12.4	877-7900	56-114	15-266	0-0.49	0.37-0.77	1.0-2.3	0.002-0.009	0-0.018	0-0.001	0-0.007	
	稀液	7.5-8.5	500-3100	20-66	2-50	0-0.26	0.23-0.34	1.0-2.0	0-0.007	0-0.005	0-0	0-0.002	
	原液	3.8-4.6	1150-1240	2927-4410	200-850	0.84-5.6	27.8-65.5	4.0-55	0.019-0.234	0.005-0.406	0-0.172	0-0.008	
澱粉廠	原液	3.8-4.6	1150-1240	2927-4410	200-850	0.84-5.6	27.8-65.5	4.0-55	0.019-0.234	0.005-0.406	0-0.172	0-0.008	
	稀液	6.5-7.4	500-600	150-195	70-180	0.30-0.84	2.65-3.93	5.0-10.0	0-0.004	0-0.012	0-0.009	0-0.004	
	原液	11.8-12.0	4000-7000	88-249	5-38	0-0.35	0-0.87	61-97	0-0.024	0-0.021	0-0.162	0-0.006	
石棉廠	原液	11.8-12.0	4000-7000	88-249	5-38	0-0.35	0-0.87	61-97	0-0.024	0-0.021	0-0.162	0-0.006	
	稀液	7.6-8.8	690-1700	12-69	3-8	0-0.20	0-0.20	31-36	0-0.011	0-0.004	0-0.051	0-0.003	
	原液	8.2-8.4	1600-5100	98-611	62-400	3.64-7.56	1.34-6.39	6.0-20.5	0.008-0.158	0-0.011	0.002-0.076	0-0.005	
皮革廠	原液	8.2-8.4	1600-5100	98-611	62-400	3.64-7.56	1.34-6.39	6.0-20.5	0.008-0.158	0-0.011	0.002-0.076	0-0.005	
	稀液	7.5-8.0	1000-1600	73-195	50-160	0.80-3.50	1.02-1.27	4.0-13.0	0.002-0.013	0-0.005	0-0.012	0-0.003	
	原液	7.4-8.7	1470-2470	106-449	20-50	0-1.75	1.70-5.60	10.5-35	0.003-0.012	0-0.464	0-0.066	0-0.007	
紙漿廠	原液	7.4-8.7	1470-2470	106-449	20-50	0-1.75	1.70-5.60	10.5-35	0.003-0.012	0-0.464	0-0.066	0-0.007	
	稀液	7.2-8.2	1100-1150	40-160	0-27	0-0.80	1.08-1.14	7.5-11.0	0-0.007	0-0.028	0-0.039	0-0.003	
	原液	7.4-8.4	2350-4650	330-3048	300-372	16.5-40.6	30.4-81.7	61-88	0.016-0.319	0.01-0.072	0.004-0.051	0.001-0.009	
養豬場	原液	7.4-8.4	2350-4650	330-3048	300-372	16.5-40.6	30.4-81.7	61-88	0.016-0.319	0.01-0.072	0.004-0.051	0.001-0.009	
	稀液	7.5-8.0	550-1730	40-190	120-175	0.28-4.20	3.0-33.5	10-47	0.004-0.046	0-0.023	0-0.028	0-0.003	
清水		7.7-7.9	410-530	0	0-10	0	0.31-0.34	0.7-2.0	0	0	0	0	

五 灌溉工廠廢水對土壤之影響程度

灌溉工廠廢水水稻收穫後土壤分析結果顯示，土壤中之重金屬鎘、銅、鋅、鉛等含量有微量增加現象。(表五)

表五 灌溉工廠廢水水稻收穫後土壤分析結果

工廠別	項目	pH	O.M (%)	P ₂ O ₅ (公斤/公頃)	K ₂ O (公斤/公頃)	Cd (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	較清水區增加量 (ppm)			
										Cd	Cu	Zn	Pb
煉油廠	原液	5.90	2.90	191	72	0.16	9.92	4.55	11.65	0.08	0.61	0.07	1.07
	稀液	6.00	3.00	176	75	0.15	9.65	4.37	11.57	0.07	0.34	0.09	0.99
塑膠廠	原液	5.70	2.80	171	81	0.17	9.52	4.36	11.58	0.09	0.21	0.08	1.00
	稀液	6.00	2.90	176	78	0.14	9.41	4.28	11.20	0.06	0.10	0	0.62
澱粉廠	原液	5.20	2.96	175	102	0.13	10.16	4.41	11.26	0.05	0.85	0.13	0.66
	稀液	5.50	2.87	164	96	0.12	9.94	4.38	11.10	0.04	0.63	0.10	0.52
石棉廠	原液	5.50	2.60	156	90	0.19	10.40	5.41	11.92	0.11	0.19	1.13	1.33
	稀液	5.10	3.00	157	78	0.18	10.25	5.22	11.76	0.10	0.94	0.94	1.11
皮革廠	原液	5.30	2.85	178	69	0.17	10.10	5.42	11.57	0.09	0.79	1.14	0.99
	稀液	5.40	2.70	148	63	0.15	9.89	5.13	11.27	0.07	0.58	0.85	0.66
養豬場	原液	5.60	2.99	192	61	0.16	9.65	5.06	11.54	0.08	0.34	0.78	0.99
	稀液	5.40	2.83	175	57	0.13	9.48	4.71	11.13	0.05	0.17	0.43	0.52
紙漿廠	原液	5.70	2.74	177	280	0.16	9.80	4.56	13.04	0.08	0.59	0.28	2.40
	稀液	5.60	2.53	176	259	0.15	9.58	4.27	12.83	0.07	0.27	0	2.20
清水		5.40	2.67	164	60	0.08	9.31	4.28	10.58	0	0	0	0

六 灌溉工廠廢水後稻葉及稻谷重金屬含量情狀

灌溉工廠廢水後，稻葉及稻谷中重金屬鎘、鋅、鉛、銅等含量，均較灌溉清水為高(表六)。

表六 植物體分析結果

濃度別	工廠別	分析項目		N (%)		P (%)		K (%)		Pb (ppm)		Cu (ppm)		Zn (ppm)		Cd (ppm)	
		葉	谷	葉	谷	葉	谷	葉	谷	葉	谷	葉	谷	葉	谷	葉	谷
液	煉油廠	0.67	0.70	0.106	0.149	1.656	0.375	10.0	7.9	15.40	22.62	36.5	24.4	0.50	0.40		
	塑膠廠	0.60	0.88	0.110	0.174	1.563	0.313	8.5	7.1	14.31	20.45	28.5	21.5	0.50	0.40		
	澱粉廠	0.75	0.78	0.112	0.154	1.520	0.315	9.0	7.2	17.20	22.82	43.0	28.1	0.50	0.40		
	紙漿廠	0.74	0.77	0.114	0.125	1.813	0.344	8.2	6.1	13.50	19.20	37.0	26.6	0.50	0.38		
	石棉廠	0.70	0.76	0.088	0.146	2.500	0.406	7.6	5.4	12.10	18.32	37.3	26.3	0.50	0.35		
	皮革廠	0.67	0.74	0.104	0.129	1.938	0.313	11.4	9.8	17.40	23.10	35.5	24.4	0.75	0.48		
	養豬場	0.70	0.98	0.116	0.141	1.875	0.375	10.4	7.4	14.60	22.34	39.0	27.1	0.75	0.48		
	清水	0.70	0.84	0.121	0.118	2.063	0.344	5.4	4.2	9.00	14.80	24.5	18.8	0.40	0.30		
稀	煉油廠	0.60	0.69	0.094	0.146	1.486	0.375	8.7	6.1	13.20	19.40	31.2	20.2	0.45	0.38		
	塑膠廠	0.60	0.81	0.092	0.147	1.475	0.304	7.1	5.4	11.20	17.10	25.1	19.5	0.45	0.38		
	澱粉廠	0.71	0.70	0.107	0.141	1.463	0.305	7.8	6.3	15.40	18.62	34.0	23.4	0.42	0.38		
	紙漿廠	0.70	0.67	0.110	0.111	1.775	0.324	7.1	5.4	10.62	16.10	30.1	21.9	0.46	0.38		
	石棉廠	0.68	0.70	0.078	0.136	2.125	0.344	5.5	4.2	10.20	15.80	29.6	20.8	0.40	0.35		
	皮革廠	0.62	0.70	0.102	0.114	1.828	0.281	9.1	7.3	14.92	19.21	31.4	21.6	0.48	0.40		
	養豬場	0.68	0.88	0.103	0.121	1.813	0.313	8.3	5.9	11.74	17.10	32.2	22.8	0.48	0.40		

結論與建議

1. 灌溉各工廠廢水原液對水稻產量及土壤均有影響，表示各工廠排放之廢水及未能達工廠放流水標準，環保單位應嚴加督導。若將廢水原液之COD, BOD, pH值等三項稀釋調整達符合工廠放流水標準時，大部分工廠廢水則對水稻產量無影響，少部分工廠廢水對水稻產量有影響，但已由嚴重影響變為輕微影響。
2. 在水稻生育初期及中期時，灌溉工廠廢水對產量影響最大。

參考文獻

1. 山縣登 1977 微量元素—環培科學特論。
2. 鄭榮賢 1985 不同種類污水長期連灌對土壤及水稻之影響及污水害症狀鑑定研究。