

紡織廠廢水對水稻生長之影響

廖乾華

The effects of waste water from textile factory on the growth of rice plants.

Chen-hwa Liaw

摘 要

本試驗在探討新竹縣湖口鄉中與紡織廠排放之廢水對水稻生長之影響。水質分析結果得知，該廠排放之廢水中，pH值， SO_4^{2-} ，SAR及E.C.等項均超過灌溉水質標準，其中鈉含量甚高。以此廢水灌溉後，土壤交換性鈉含量可急劇增加，使土壤離子濃度失去平衡，而導致水稻對K的吸收量降低。此為一般紡織廠廢水影響水稻生長之主要原因。

以台農67號水稻之盆栽試驗結果，經統計分析得知，產量(Y)與土壤交換性鈉含量(Na)呈負相關。1982年二期作之公式為 $Y = 49.05 - 0.009(Na)$ ($r = -0.51$)，1983年一期作之公式為 $Y = 49.2 - 0.003(Na)$ ($r = -0.62$)。又稻草中K的含量百分率(K)與土壤Na/K比值(R)的關係為 $K = 2.18 - 0.03R$ ($r = -0.836$)。

一、前 言

近年來由於工廠對廢水的處理不當，將不符合灌溉用水質標準之廢水⁽⁴⁾直接放流於灌溉圳或河川中，使污染程度日益嚴重且污染範圍亦日益擴大。目前台灣西部15條主要河川及高雄前鎮河等6條河川，均已遭受污染^(3,13)，根據水利局(1975)之調查指出，台灣污染面積占總灌溉面積的14.1%，且一年內污染面積的增加量相當於總灌溉面積的0.4%⁽⁸⁾。黃益田等(1974, 1980)^(9,10)在探討工廠廢水對水稻生育的影響之試驗結果指出，塑膠、~~染~~整、製革、紙類、食品及石油化學等類工廠的廢水均會造成水稻的減產，甚而枯死。周昌弘等(1981)⁽¹⁴⁾採取嘉新、台肥、冠軍等八家工廠的廢水，進行試驗，亦得相同的結果。廢水中影響水稻生育的污染原因則依工廠性質而異。在重金屬污染方面，徐玉標等(1977)^(5,6)之水耕試驗結果指出，溶液中銅、鎘濃度在0.5ppm以上對水稻立即產生毒害，鉛、鋅的受害臨界濃度分別為20ppm與10ppm，而受害原因可能係重金屬吸收後聚積根部影響生長點的發育及產生離子拮抗作用，造成其他離子吸收受阻⁽⁷⁾，以致生育不良，甚至無法

成活。本試驗的目的即在探討紡織廠廢水對水稻生長之影響，以供今後污染防治的參考。

二、材料與方法

自湖口鄉中與紡織廠採取廢水以未受污染之土壤進行水稻盆栽試驗，供試品種為台農67號。試驗處理包括廢水原液，廢水稀釋20倍、40倍、60倍、80倍、100倍及自來水等七種，四重複，採逢機完全區集設計。71年2期作於8月14日插秧，12月3日收穫；72年一期作於3月18日插秧，7月21日收穫。每盆施肥量為N：P₂O₅：K₂O = 1克：1克：1克。

插秧後於生育中期及收穫後採土分析pH值，有機質含量，有效性磷（白雷氏第一法測定）、有效性鉀（孟立克氏法測定）及交換性鈉（0.1N醋酸鉍抽出）等含量⁽²⁾。此外不定期採取廢水分析電導度、pH值、Na、K、Ca、Mg、NO₃⁻、PO₄⁼、SO₄⁼含量，並於收穫時調查產量與產量構成因子及採取稻草分析其N、P、K、Ca、Mg的含量。茲將試驗結果分析整理成報告，以供參考。

三、結果與討論

紡織廠廢水的水質經測定結果如表一所示：pH 8.0～11.4，NO₃⁻ 2.1～31ppm，PO₄⁼ 0.9～3.0ppm，SO₄⁼ 20～250ppm，K⁺ 2.9～25.2ppm，SAR 16～605，E.C. 0.19～5.50mm hos/cm，其中pH，SO₄⁼，SAR，E.C.等項的最高值均超過灌溉用水水質標準（pH 6.0～9.0，SAR 6.0，E.C. 0.75mm hos/cm 25°C，SO₄⁼ 200ppm），尤其SAR值甚大，顯示廢水中鈉含量甚高。至於廢水銅、鉻、錳等離子的含量均小於0.1ppm，在水質標準範圍之內⁽¹⁸⁾，對水稻不產生毒害。

收穫後土壤交換性鈉含量測定結果，七十一年第二期作原液處理為1100ppm，而稀釋20倍以上的各處理則在200～260ppm之間。72年一期作原液處理為5300ppm，稀釋20倍以上各處理則在500～750ppm，此結果顯示第一、二期作收穫後土壤交換性鈉含量，原液處理與其他處理有明顯的差異（圖1）。至於土壤中有效性鉀含量的變化，原液處理經兩期作後K₂O含量為375公斤/公頃，而自來水處理與稀釋20倍處理分別為137公斤/公頃與150公斤/公頃（圖二）。土壤pH值，經2期作後廢水處理較自來水處理約提高0.4單位，但稀釋20倍以上則與自來水處理相近（圖三）。又廢水稀釋20倍後其鈉含量、電導度均可急劇降低至與自來水相近（圖四、五），由此顯示廢水經稀釋20倍以上則對土壤理化性質影響甚微。

因紡織廠廢水內含大量的鈉離子，如長期灌溉土壤後，土壤中鈉離子將急速增加

，不僅使土壤膠粒發生膠溶作用，膠粒分散、膨脹，土壤透水性降低⁽¹⁾，而且會因土壤中離子的不平衡，影響水稻對養分離子的吸收。由植物體分析結果得知原液處理之稻草內磷的含量較其他處理略高，而鉀的含量較其他處理低，尤其以72年一期作之差距更大(表二)，顯示灌溉此廢水已影響水稻對磷、鉀的正常吸收。Elzam 和 Hodges (1967)⁽¹⁵⁾曾指出植物對K⁺的吸收和K⁺在植物細胞中的含量受H⁺，Ca⁺²，Mg⁺²，和Na⁺等離子的競爭影響。

由於水稻對磷、鉀吸收異常，影響生理營養狀態致使稔實率與千粒重降低，產量亦因而減少(表三)。張正賢(1982)⁽¹¹⁾亦曾指出土壤鹽分過高會降低稔實率，造成水稻收量的減少。

將71年2期作及72年1期作收穫後土壤之pH值，土壤交換性鈉含量(Na)，土壤有效性磷含量(P₂O₅)，土壤有效性鉀含量(K)，土壤Na/K比值(R)，土壤有機質含量(OM)與產量(Y)分別作迴歸分析，結果顯示71年2期作，產量(Y)與土壤交換性鈉含量(Na)及Na/K(R₁)呈負相關且達顯著水準，其餘各因子與產量相關皆未達顯著水準。

$$Y = 49.05 - 0.009Na \quad r = -0.51 \dots\dots\dots 1$$

$$Y = 49.97 - 1.45R_1 \quad r = -0.49 \dots\dots\dots 2$$

72年1期作，產量(Y)與土壤交換性鈉含量(Na)，土壤Na/K比值(R₂)，土壤pH值，土壤有效性鉀含量(K)，亦呈負相關達顯著水準。

$$Y = 49.2 - 0.003Na \quad r = -0.62 \dots\dots\dots 3$$

$$Y = 52.7 - 0.41R_2 \quad r = -0.61 \dots\dots\dots 4$$

$$Y = 171.5 - 19.4pH \quad r = -0.64 \dots\dots\dots 5$$

$$Y = 55.1 - 0.16K \quad r = -0.62 \dots\dots\dots 6$$

由上述分析結果得知，土壤交換性鈉含量的增加是產量降低的主要原因。71年2期作，平均土壤交換性鈉含量每增加1000ppm，則產量減少9克/盆(公式1)，而土壤Na/K比值每增加1，則產量降低1.45克/盆(公式2)；72年1期作，土壤交換性鈉含量每增加1000ppm，則產量減少3克/盆(公式3)；土壤Na/K比值每增加1，則降低產量0.41克/盆(公式4)。pH值因土壤中交換性鈉含量的增加，每提高1個單位，產量減少19.4克/盆(公式5)。產量與土壤有效性鉀含量呈負相關，是因土壤中鈉含量大量增加，抑制水稻對K⁺的吸收，相對的土壤中有效性鉀含量增加以及鈉將粘粒上吸附性K⁺交換出來的結果，此可由公式7得知

$$K = 2.18 - 0.03R \quad r = -0.836 \dots\dots\dots 7$$

公式7中K為稻草中K的百分率，R為土壤中Na/K比值，土壤交換性鈉含量的

大量增加，R值增大，則植體中K的含量就降低。

鈉離子造成產量減少的原因，係鈉離子過多會引起植物組織內離子的不平衡，植物為了緩和過多的 Na^+ ，採取拒絕吸收 Na^+ 或將細胞質內的 Na^+ 送入液胞內，這些過程均需要消耗能量（Rains, 1972）⁽¹⁹⁾，而能量的消耗，影響了植物體內一些需要能量方能進行的生理作用如 CO_2 的同化作用，蛋白質的合成，無機氮的合成以及磷脂的轉化作用（Helal 和 Mengel 1979, 1981）^(16, 17)，以致產量降低，而此傷害可因光強度的增加而降低（Chimikles 和 Karlander 1973）⁽¹²⁾。

綜合而言，紡織廠廢水影響水稻生育的原因主要是因鈉含量過多，造成養分吸收與生理上的不平衡，以致產量降低。對於受其污染之土壤，改良之道必須施入鈣質改良劑如石膏等，再加以灌溉與排水，以消除過多之交換性鈉，如此必可減輕受害程度。

表一：紡織廠廢水水質

Table 1 : Properties of waste water from textile factory

No	採樣日期 date of sampling (月/日) (month/day)	pH	NO_3^- (ppm)	PO_4^- (ppm)	SO_4^- (ppm)	K^+ (ppm)	SAR	$\frac{\text{EC}}{\text{cm}}$ (mm^{hos})
1. 1982	8. / 13.	8.1	3.3	2.0	60	7.8	21	0.46
2.	8. / 26.	8.3	5.8	3.0	200	5.8	44	0.89
3.	9. / 10.	8.1	5.0	2.7	150	8.0	60	1.29
4.	9. / 27.	8.5	3.0	2.8	150	8.0	46	1.24
5.	10. / 11.	8.2	3.0	2.6	120	9.0	20	0.71
6.	10. / 21.	8.5	2.8	2.1	145	10.5	42	1.40
7.	11. / 3.	8.6	4	2.7	200	16.2	106	1.90
8.	11. / 15.	8.6	3.2	2.8	90	8.2	90	2.00
9. 1983	3. / 18.	8.4	3.2	0.9	29	5.0	185	0.19
10.	3. / 28.	8.0	4.5	2.8	20	2.9	16	0.96
11.	4. / 11.	11.4	3.2	1.7	55	13.6	40	2.40
12.	4. / 29.	9.1	16.0	2.1	250	6.1	542	3.00
13.	5. / 12.	11.1	19.0	2.0	150	5.7	218	3.90
14.	5. / 28.	8.2	2.7	1.5	38	5.5	605	0.46
15.	6. / 10.	9.0	2.1	2.4	140	25.2	25	1.60
16.	6. / 27.	9.8	4.0	1.4	100	5.3	457	1.40
17.	7. / 12.	9.6	31	2.6	100	10.0	91	5.50

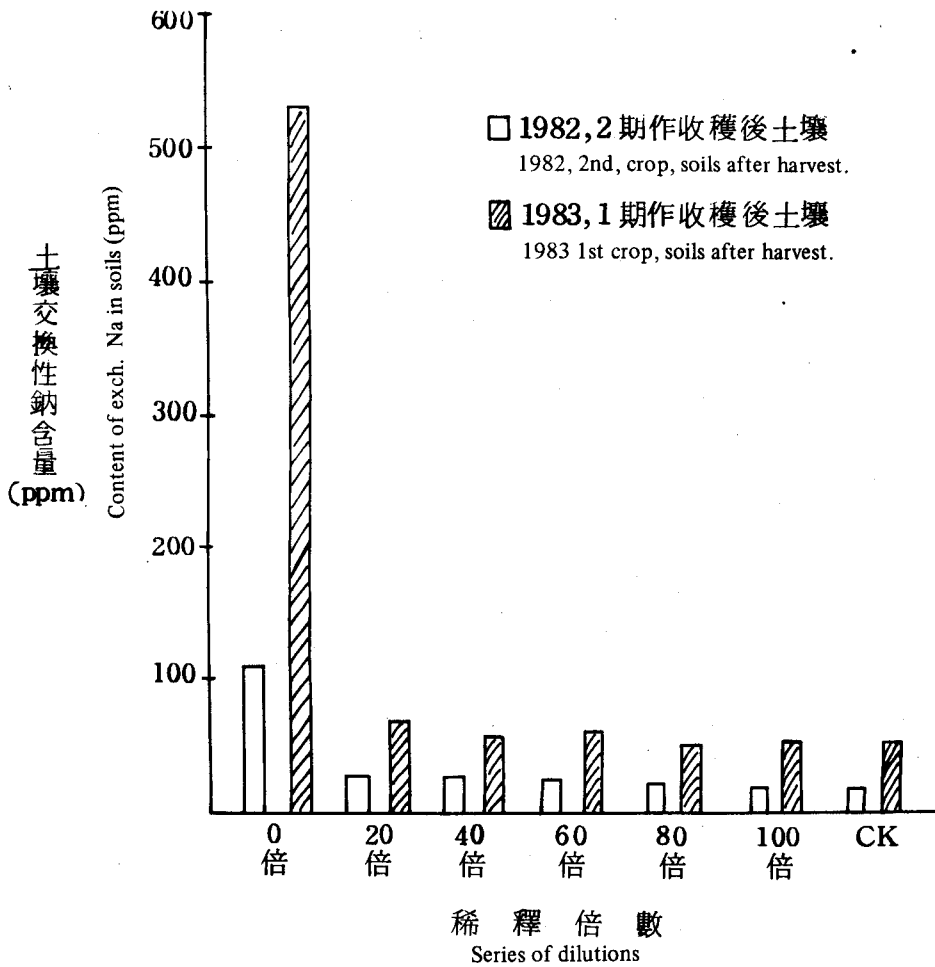


圖 1 : 灌溉不同稀釋倍數紡織廠廢水對土壤中交換性鈉含量的影響

Fig 1 : Effect of various degree of dilution of waste water from textile factory on exch. Na contents in soils.

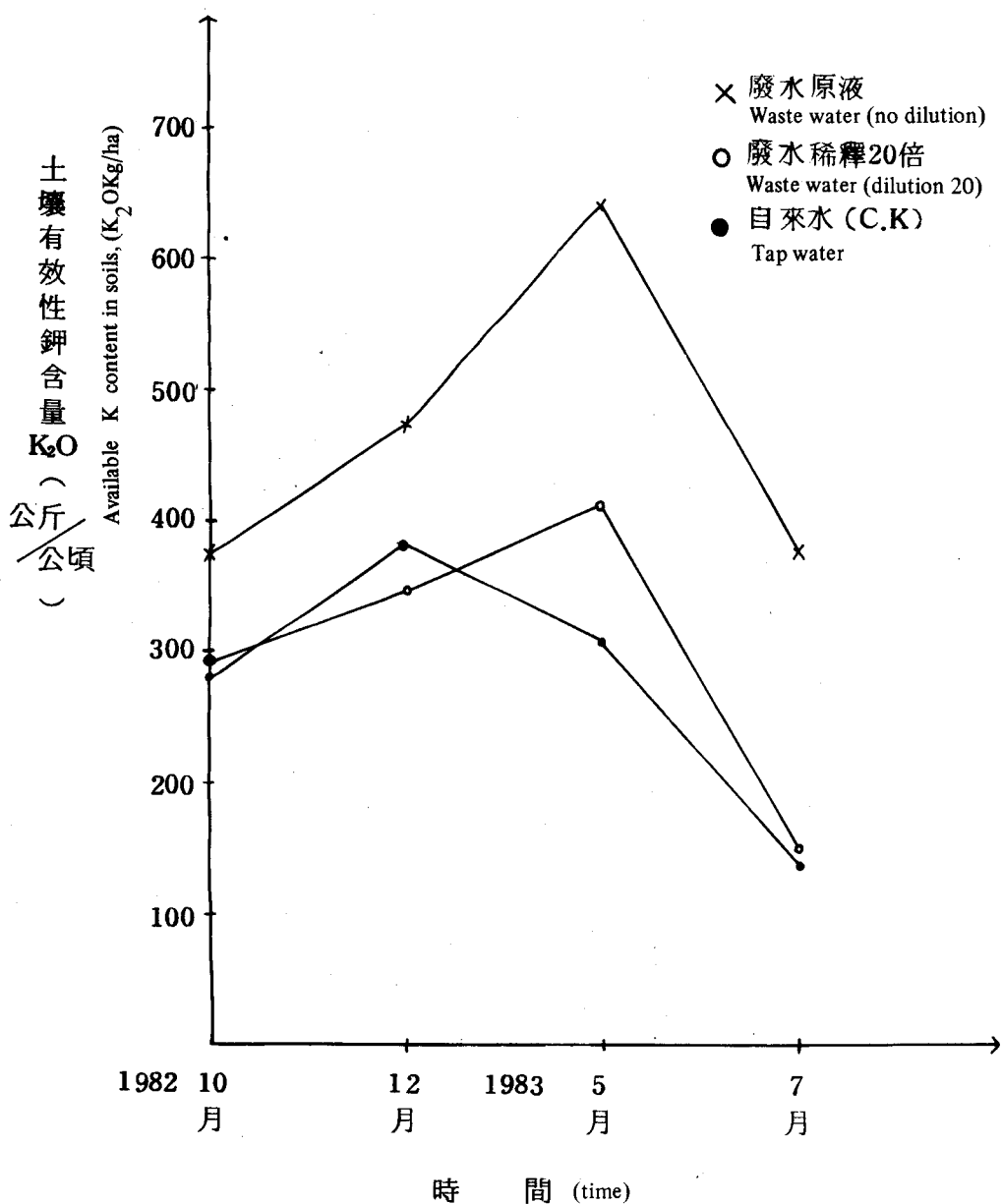


圖 2 : 灌溉紡織廠廢水對土壤有效性鉀含量的影響

Fig 2 : Effects of waste water from textile factory on available K contents in soils.

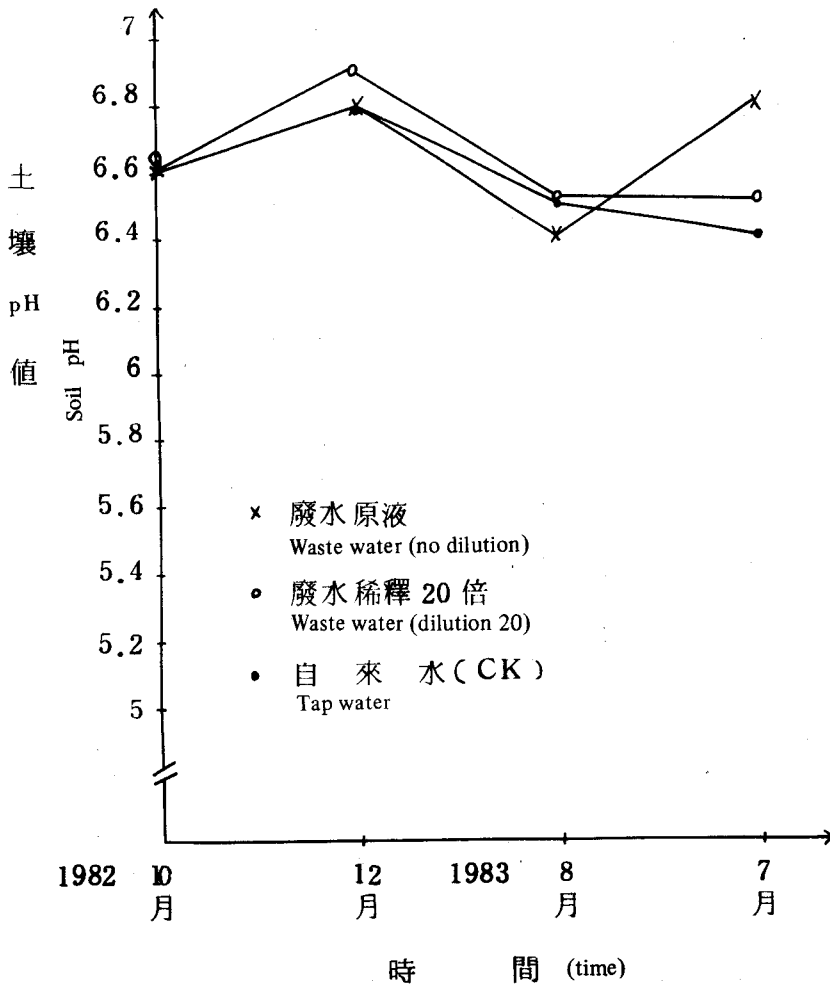


圖 3 : 灌溉紡織廠對土壤 pH 值的影響

Fig 3 : Effects of waste water from textile factory on soil pH.

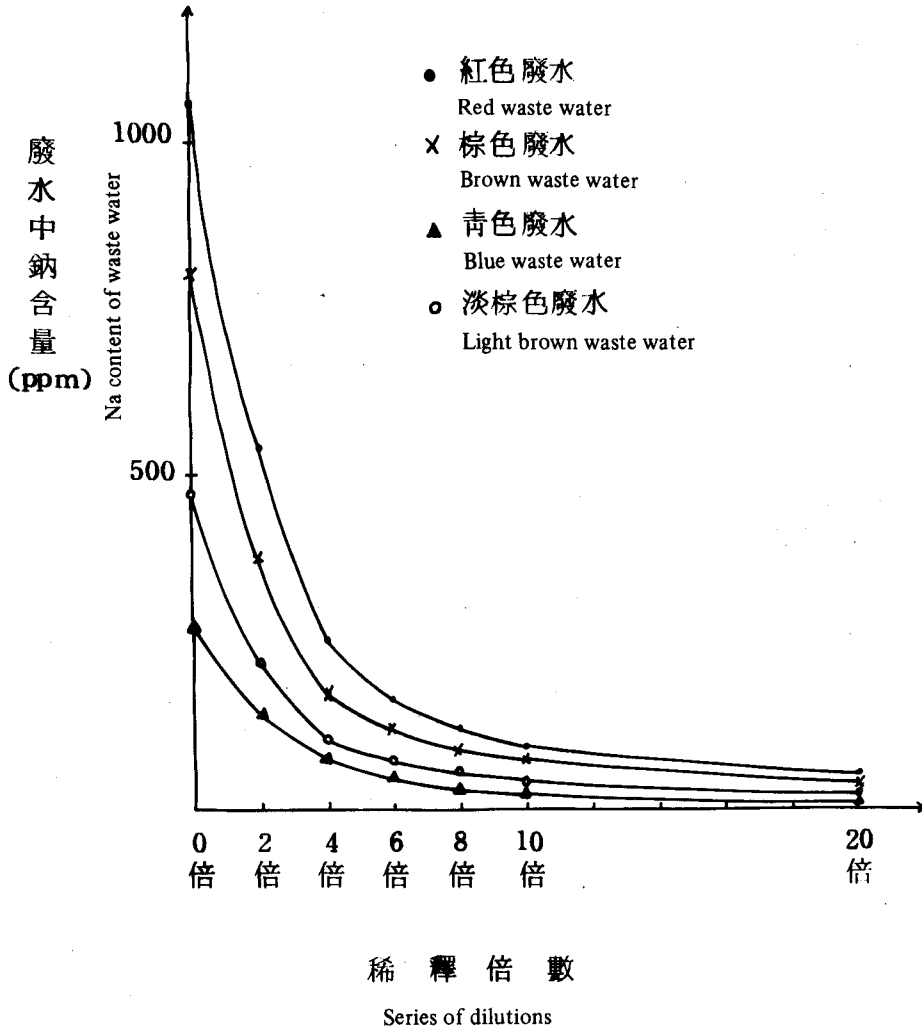


圖 4 : 不同稀釋對廢水鈉含量的影響

Fig 4 : Effects of series of dilutions on the Na content of waste water from textile factory.

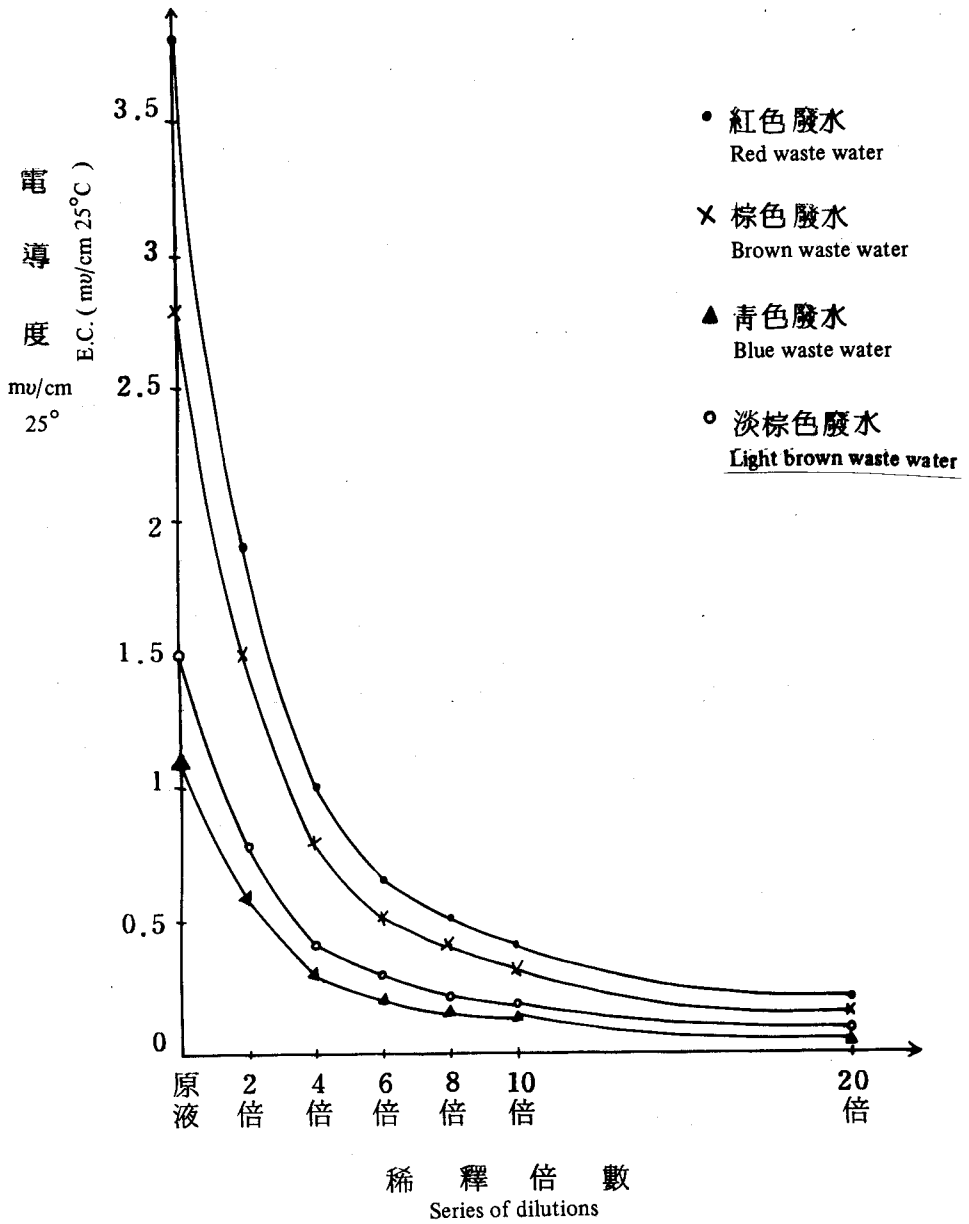


圖 5：不同稀釋度對紡織廠廢水電導度的影響

Fig 5 : The effect of series of dilutions on the E.C. of waste water from textile factory

表 2：紡織廠廢水對稻草內氮、磷、鉀、鈣、鎂含量的影響

Table 2: Effects of waste water from textile factory on N, P, K, Ca, Mg contents of straw

處 理	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
廢水原液 Waste water (No dilution)	0.57	0.087	1.82	0.24	0.13
廢水稀釋 20 倍 Waste water (20 times diluted)	0.42	0.059	2.19	0.16	0.13
廢水稀釋 40 倍 Waste water (40 times diluted)	0.37	0.056	2.22	0.19	0.24
廢水稀釋 60 倍 Waste water (60 times diluted)	0.44	0.069	2.27	0.22	0.16
廢水稀釋 80 倍 Waste water (80 times diluted)	0.43	0.077	2.16	0.28	0.16
廢水稀釋 100 倍 Waste water (100 times diluted)	0.42	0.053	2.30	0.24	0.15
自來水 (CK)	0.51	0.070	2.17	0.22	0.14

註：(+)係1982年2期作，(-)係1983年1期作。

Note: (-) was the data of the second crop of 1982, while (+) was the data of the first crop of 1983.

表 3：紡織廠廢水對稻穀產量與產量構成因子的影響

Table 3: Effects of waste water from textile factory on the grain yield and components of yield.

處 理 處	稔 實 率 (%)		每穗平均粒數(粒)		千 粒 重 (克)		產 量 (克/盆)	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
Treatment	Percentage of ripened grains (%)		No. of grains per panicle (grain)		1000 - grain - weight (g)		Yield (g / pot)	
廢水原液 Waste Water (No dilution)	80.9	82.8	97.4	84.8	23.0	21.7	38.9(84)	34(72)
廢水稀釋 20 倍 Waste water (20 times diluted)	87.2	89.1	112.3	100.4	24.1	24.0	49.3(106)	47.6(101)
廢水稀釋 40 倍 Waste water (40 times diluted)	88.3	88.3	106.5	96.1	24.5	24.1	48.7(105)	48.4(103)
廢水稀釋 60 倍 Waste water (60 times diluted)	91.6	87.9	104.4	100.8	24.2	23.6	49.6(101)	47.2(100)
廢水稀釋 80 倍 Waste water (80 times diluted)	90.7	89.8	99.0	101.4	23.6	23.9	47.8(103)	47.6(101)
廢水稀釋 100 倍 Waste water (100 times diluted)	87.5	88.1	95.6	113.8	24.2	24.2	42.6(92)	48.9(104)
自來水 (CK)	91.8	88.9	92.0	105.6	24.9	23.9	46.4(100)	47.1(100)

註：1. (-) 係 1982 年 2 期作，(+) 係 1983 年 1 期作。

2. 括弧內係指數，自來水處理為 100。

Note: 1. (-) was the data of the second crop of 1982, while (+) was the data of the first crop of 1983.

2. () was the index of yield, the treatment of CK was 100.

四、參考文獻

1. 郭魁士編著，1974，土壤學 中國書局印。
2. 作物需肥診斷技術，1981，台灣省農業試驗所編印。
3. 李錦地、郭錦洛，1976，河川污染。農復會特刊新24號P 81~92。
4. 徐玉標 1978 農業所受水污染之損害。水污染防治研討會報告 P 199 ~ 209。
5. 徐玉標、黃淑美、芮嘉中 1977 水稻水耕栽培銅與鎘對初期生育之反應。科學農業 25 (5 ~ 6) 213 ~ 215。
6. 徐玉標、黃淑美、芮嘉中 1977 培養液中鉛及鋅之濃度對水稻初期生育之影響。農業工程學報 23 (2)，P 2 ~ 7。
7. 森下豐昭著，陳翡翠譯，1977 土壤的污染，科學農業 25 (9 ~ 10) P 301-305。
8. 陳買，1976，灌溉排水系統之污染。農復會特刊新24號P 93 ~ 107。
9. 黃益田，1974，廢水污染區灌溉水之水質分析及稻穀收量損失之調查。農林廳「台灣農業季刊」第十卷第四期 P 72~79。
10. 黃益田、林文雄、廖欽佃 1980，工業廢水對水稻生長及產量之影響研究，新竹區農業改良場研究報告第38號。
11. 張正賢、曾美倉，1982，水稻產量構成因素及其影響因子。科學農業30 (7 ~ 8) P 318 ~ 322。
12. Chimikles, P. E., and E. P. Karlander 1973 Light and calcium interactions in *Chlorella* inhibited by sodium chloride. *Plant Physiol* 51, 48-56.
13. Chou, C. H., Y. C. Chiang and C. I. Kao, 1978 Impacts of water pollution on crop growth in Taiwan. II phytotoxic natures of six rivers and twenty seven industrial waste water in Kaohsiung area, Taiwan. *Bot. Bull. Academia Sinica* 19: 107-124.
14. Chou, C. H., A. C. Huang, Y. T. Huang, W. H. Lin and C. D. Lee, 1981 Impacts of water pollution on crop growth in Taiwan. V the detrimental effects of industrial waste waters from dye livestock, plating, leather, synthetic-fiber, food and fertilizer factories in Taiwan. *Bot. Bull. Academia Sinica* 22: 9-33.
15. Elzam, O. E., and T. K. Hodges. 1967 Calcium inhibition of potassium absorption in corn roots. *Plant physiol* 42: 1483-1488.
16. Helal, H. M., and K. Mengel 1979 Nitrogen metabolism of young barley plants as affected by NaCl-salinity and potassium. *Plant and soil* 51: 457-462.

17. Helal, H. M., and K. Mengel 1981 Interaction between light intensity and NaCl salinity and their effects on growth, CO₂ assimilation, and photosynthetic conversion in young broad beans. *Plant physiol.* 67: 999–1002.
18. Ishizuka, Y., A. Tamaka, and O. Fujita. 1961 Inorganic nutrition of rice plants. 6. Effects of iron, manganese and copper level in culture solution on yields and chemical compositions of the plants. *Soil Science and Plant Nutr.* 7(1): 41–42.
19. Rains, D. W. 1972 Salt transport by plants in relation to salinity. *Ann. Rev. plant physiol.* 23: 367–388.

The effects of waste water from textile factory on the growth of rice plants.

Chen-hwa Liaw

Summary

The effects of the waste water from textile factory on the growth of rice, Tainon 67, were studied in pot experiment.

The results of laboratory analysis showed that the pH, SO_4^- , SAR and E.C. of waste water exceeded the standard of irrigation water. Exchangeable Na content in soils were rapidly increased when soils irrigating with the waste water containing high amount of Na^+ . As a result of that, ion's concentration in soil was unbalanced and the absorption of K^+ of rice plants were reduced. This could be accounted for the main mechanism of the impact of waste water from textile factory on the growth of rice plants.

A significant linear relationship was found between yields and exchangeable Na content in soil. Rice yields were significantly reduced when soil Na were increased. In addition, it was also found that there was a significant linear relationship between the K content of straw and soil Na/K ratio.