

Status of Irrigation Water Quality Polluted by Livestock Industry in Taiwan

Yu-Hsiueh Liu^{1,2} and Ta-Wei Chang¹

Abstract

According to the statistic data of 2008, there are 2,272 livestock plants, which were quickly raised since 2003, discharged waste water into irrigation canals. A major part of those plants are located at Yun-Lin, Chung-Hwa, and Chia-Nan Irrigation Associations, respectively. In detail of the statistic data of the preliminary test (also called field analysis) shows that 89% of the discharged canals belong to drainage canal in which the water quality should be meet the standard of effluent water. However, there is no electrical conductivity (EC) item in effluent water standard. On the other hand, there are 11 % of the discharged canals belong to dual-purpose (irrigation and drainage) canal and recycled canal in which the water quality should be meet the standard of irrigation water quality, which include EC item. In addition, not only livestock plants run up promptly but also EC value have the tendency to increase year by year from 2003. There are 76 % to 80 % of the EC value ranged two criteria 1,501 ~ 2,250 μ S/cm to >3,000 μ S/cm. In contrast to preliminary test, in 2008 there are 405 double-checking analysis around Taiwan for more detailed chemical analysis. Unqualified items of the highest rate are EC (54 %) and Ammonia (47 %) and the unqualified rate of suspended solid, chloride, sulfate, copper, and zinc are 11.4 %, 14.8 %, 8.1 %, 3.5 %, and 3.0 %, respectively. In past 2 years, there are 21 suspected pollution farmland sites which were surveyed, sampled, and analyzed. Eleven sites of the EC of saturated soil extract solution are greater than 1,000 μ S/cm which is already reached the FAO criteria of effecting banana and beans growth. Among them there is one site that the EC of saturated soil extract solution is greater than 3,000 μ S/cm which may influence the growth of the rice. Meanwhile, there are 2 and 5 sites containing high copper (> 100 mg/kg) and zinc (> 200 mg/kg) content which is higher than other sites irrigated by non-pollution irrigation water. Accelerating accumulation of copper and zinc in crop will reaching the control criteria of heavy metal in edible crop (200 mg/kg and 600 mg/kg, respectively) if suffer this kind of polluted irrigation water again.

Key Words: Livestock industry, Irrigation water quality, Electrical conductivity, Heavy metal.

-
1. Environmental Division, Agricultural Engineering Research Center
 2. Corresponding author, E-mail: ysliu@aerc.org.tw

台灣地區灌溉水質受畜牧業污染之現況

劉玉雪^{1,2} 張大偉¹

摘要

97 年度 15 個水利會畜牧搭排戶數總計有 2,272 戶，主要集中於雲林、彰化及嘉南等水利會。依據 97 年度畜牧廢水所搭排渠道類別結果顯示，主要分布於排水路約佔 89%，廢水是以放流水標準管制；另排入灌排兼用、迴歸利用渠道則以灌溉水質標準 EC 規範，兩類型搭排戶約佔總搭排戶之 11%。

彙整 90~96 年全省水利會畜牧業搭排戶水質初驗資料，發現台灣地區搭排戶放流水 EC 值有逐年增加趨勢，主要介於 1,501~>3,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 兩個等級，約佔 76%~80%。

蒐集 92~96 年間水利會畜牧廢水影響之灌排渠道 405 筆水質複驗資料，比較各項不合格率，仍以電導度 54% 為最高，其次為氨氮(47%)，另外 SS、氯鹽與硫酸鹽等項目均介於 10%，另重金屬則為 Cu 3.5%、Zn 2.9%。

96~97 年度完成 21 處污染灌區農田土壤飽和液 EC 與重金屬 Cu 與 Zn 檢測，結果顯示，土壤 EC>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 總計 11 處，其鹽份累積已達 FAO 之影響香蕉、豆類等範圍，其中有 1 處農田土壤>3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，其可能影響水稻之生長。農田土壤重金屬 Cu>100 mg/kg 有 2 處、Zn>200 mg/kg 有 5 處，各灌區農田土壤兩項重金屬含量均較引灌乾淨水之土壤高，因此若再遭受此類灌溉水污染，其農田土壤 Cu、Zn 將累計達食用作物管制標準 200 mg/kg、600 mg/kg。

關鍵詞: 電導度、氨氮、重金屬

1. 農業工程研究中心
2. 通訊作者，電子郵件：ysliu@aerc.org.tw

前言

台灣地區農田水利會灌區之主要污染源來自工業與畜牧業兩大類，但各縣市政府下水道普及率偏低下，兩類產業之廢水經常排入農田水利會之灌排水路而影響灌溉水質，至於畜牧業主要集中於彰化、雲林、嘉南、高雄與屏東等中南部水利會灌區，因畜牧場廢水排入水利會灌排水路，且農田水利會灌溉水量又不充足下，因而部份灌溉水路之水質遭受污染。

本文蒐集農田水利會與農委會委託本中心之專案計畫之資料，進行統計與評估，以探討畜牧業排放廢水排入各灌排渠道之影響，一般搭排戶（包括畜牧業）搭排申請是以灌溉水質標準管理與規範，但自 1990 年起因畜牧單位之要求，則放寬灌溉水質標準 EC 等項目之管制，因此在文中將就著本措施之施行對畜牧廢水與灌溉水質之影響進行比較與評析。畜牧污染灌區專案調查，進行其相關畜牧業廢水處理設施現勘、污染灌區農田土壤採樣進行飽和液電導度與重金屬銅與鋅總量之檢測，以了解遭受畜牧污染灌區農田土壤無機鹽與重金屬累聚情形。

材料與方法

本文針對台灣地區畜牧業搭排戶數與廢水量統計、畜牧業排放廢水之水質、遭受污染渠道水質、污染灌區畜牧業廢水處理設施現勘與灌區農田土壤 EC、重金屬 Cu 與 Zn 之採樣分析工作，進行畜牧業廢水對農業環境影響之檢討與評估，各工作項之方法如下所述：

一、歷年畜牧業搭排戶數、搭排水量等統計

由行政院農委會「農田水利會灌溉水質監測管理系統」蒐集畜牧業廢水相關基本資料並進行廢水量等統計，以臺灣省 15 個水利會同意搭排申請者為主，依水利會別、管理處別、工作站別、渠道類別(區分為灌溉專用、灌排兼用、迴歸利用、排水專用等四類)予以統計與檢討。

二、歷年 (90 年~96 年) 畜牧業排放廢水 EC 值變化趨勢

包括蒐集農委會台灣地區養豬頭數與戶數、畜牧業搭排戶數統計，並比較歷年(90 年~96 年)畜牧排放廢水 EC 值變化趨勢，畜牧業放流水質枯豐水期水質之比較。

三、畜牧廢水影響灌排渠道水質現況

統計歷年 (89 年~96 年) 遭受畜牧廢水搭排渠道水質初驗 EC，並評估歷年遭受畜牧廢水搭排渠道水質複驗資料，以探討全省水利會灌排渠道水質污染現況。

四、畜牧污染灌區灌排渠道灌區農田土壤電導度 (EC)、重金屬等檢測

分別在 96~97 年期間採取 21 處污染灌排渠道灌區之農田土壤，採樣方法為採取進水口 3 公尺內表土 5 處混樣，並攜回實驗室自然風乾後，進行土壤飽和液 EC 值檢驗，並分析土壤重金屬 Cu 與 Zn 總量濃度，同時在各灌區也採取以地下水灌溉之農田土壤進行三項之檢測，探討兩類灌溉水質對農田土壤無機鹽與重金屬之累積情形。

結果與討論

一、歷年畜牧業搭排戶數、搭排水量等統計

比較歷年 (89~96 年) 搭排戶數與年搭排廢水量，均呈現逐年升高之趨勢，累計至 96 年全省水利會搭排戶數計有 2,361 戶，年搭排廢水量為 3,134 萬噸/年 (如圖 1~圖 2 所示)。搭排戶主要集中於雲林、彰化及嘉南水利會，分別佔所有搭排戶數 1,132 (48 %) 戶、418 (18 %) 戶、375 (16 %) 戶，其次為高雄水利會 134 (5.7 %) 戶及屏東水利會 128 (5.4 %) 戶；年搭排廢水量則以彰化水利會為最大 (1,571 萬噸/年)、其次為雲林水利會 (1,020 萬噸/年)、另為嘉南水利會 (208 萬噸/年)。由數據顯示，全省之畜牧業搭排戶自 92 年開始迅速增加。

依據 97 年度畜牧廢水所搭排渠道類別統計，結果顯示，其主要分布於排水路等約有 2,014 戶 (佔 88.6 %)，廢水排在此類型水路是以放流水標準管制之，並無電導度 (EC) 規範；另排在灌排兼用、迴歸利用渠道才以灌溉水質標準 EC 規範之，兩類型搭排戶分別有 152 戶 (佔 6.7 %)、106 戶佔 (4.7 %)，總計有 258 戶約佔總搭排戶之 11.4 %。其主要在雲林、彰化與高雄與屏東等地區。

另依據行政院農業委員會 96 年 11 月底公告統計之養豬統計資料，台灣地區畜牧業者共計 11,705 戶，但 97 年度農田水利處統計在各水利會灌區有申請搭排之畜牧業者計 2,272 戶，其搭排率佔總飼養戶 19.4 %。搭排戶僅 258 戶廢水排入灌溉渠道 (灌排兼用與迴歸使用)，其約佔台灣地區總飼養戶 (11,705 戶) 之 2.2 %，此類搭排戶才需以灌溉水質標準管制。

二、歷年 (90 年~96 年) 畜牧業排放廢水 EC 值變化趨勢

彙整 90 年至 96 年全省水利會畜牧業搭排戶水質初驗資料，以灌溉用水水質電導度 (EC) 項進行分析，將歷年 EC 監測資料依 $\leq 750 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、 $751\sim 1,500 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、 $1,501\sim 2,250$

$\mu\text{S/cm}$ 、 $2,251\sim 3,000 \mu\text{S/cm}$ 、 $> 3,000 \mu\text{S/cm}$ 等級區分，並繪製各年度在各等級之百分比，如圖 4 所示。由圖中顯示 90 年 EC 符合灌溉用水水質標準 $\leq 750 \mu\text{S/cm}$ 之畜牧搭排戶比例 (23 %) 明顯較高，至 96 年畜牧業搭排戶放流水水質符合灌溉用水水質標準僅佔 12 %，顯然降低 11.0 %，另介於 $751\sim 1,500 \mu\text{S/cm}$ 者亦較 90 年亦減少 9.8 %。

另比較歷年 (90 年至 96 年) EC 在各等級百分比之變化趨勢，以 $1,501\sim 2,250 \mu\text{S/cm}$ 等級增加 8.2 % 為最多，其次為 $2,251\sim 3,000 \mu\text{S/cm}$ 等級增加 5.4 %，另 $> 3,000 \mu\text{S/cm}$ 等級增加 7.2 %，由不合格率分析可以歸納出，自 89 年畜牧業廢水暫緩檢測 EC 後，台灣地區搭排戶放流水 EC 有逐年增加之趨勢，主要介於 $1,501\sim 2,250 \mu\text{S/cm}$ 及 $> 3,000 \mu\text{S/cm}$ 兩個等級，約佔 76 %~80 %。

三、畜牧廢水影響灌排渠道水質現況

彙整 89 年~96 年遭受畜牧廢水影響之渠道水質資料 7,425 點次初驗水質資料 (表 1)，並比較由 89 年起放寬 EC 管制下，各灌排渠道水質是否有遭受影響而劣化，表 1 為各監測點在各年度 EC 之平均值，資料顯示 96 年度灌排水質 EC 較 89 年 (或 90 年與 91 年) 增加地區，包括北基 (+32 $\mu\text{S/cm}$)、苗栗 (+286 $\mu\text{S/cm}$)、台中 (+106 $\mu\text{S/cm}$)、彰化 (+14 $\mu\text{S/cm}$)、屏東 (+259 $\mu\text{S/cm}$)、台東 (+25 $\mu\text{S/cm}$)、花蓮 (+3 $\mu\text{S/cm}$)，增加趨勢最多則以苗栗與屏東兩水利會。

以 96 年監測資料可見彰化、雲林、高雄與屏東統計值均超過灌溉用水水質標準之。但宜蘭、北基、苗栗、台中、南投、台東及花蓮等地區因 EC 多數 $< 750 \mu\text{S/cm}$ ，故屬暫無明顯影響；桃園地區 EC $< 1500 \mu\text{S/cm}$ 者為多數，為部分地區有影響者；彰化、雲林、嘉南、高雄及屏東等地區 EC 多數介於 $751\sim 1500 \mu\text{S/cm}$ 與 $> 1501 \mu\text{S/cm}$ ，影響區位面廣，故屬部份地區有嚴重影響。

蒐集 92~96 年度期間畜牧廢污水排入之灌排渠道之水質複驗資料總計有 405 點次 (表 2)，各項檢驗結果以不合格率，仍以電導度 54.3 % 為最高，其次為氨氮 (46.9 %) 該項，另外 SS、氯鹽與硫酸鹽等項均介於 10 %，另重金屬則為 Cu 3.5 %、Zn 2.9 %，但這些地區部份灌排水路仍有其他類別產業廢水匯入，要界定其屬於畜牧污染仍有其困難。

四、畜牧污染灌區灌排渠道灌區農田土壤電導度 (EC)、重金屬等檢測

96~97 年完成 21 處畜牧污染灌區專案調查，結果發現有 7 處 (33.3 %) 灌溉水質之 EC 有增加惡化之趨勢，現勘其所屬畜牧業有 87 戶，並比較 97 年與歷年之排放水，其排放水質 EC 升高者有 46 戶 (53 %)，顯然其排放水在無 EC 管制下，部份排放水質 EC 有增加與惡化現象。

另現勘灌區畜牧業廢水處理設施，結果顯示，有處理設施有 83 戶 (97 %)，但有實際操作業者有 57 戶 (66 %)，但部份處理設施損壞，尤其厭氣段之紅泥塑膠袋因長年在日光暴晒下，破損無法發揮其功效，另部份業者廢水處理池並無廢水進入而呈乾涸狀態，仍需主管單位加強輔導強化其處理設施。

兩年度進行污染灌區農田土壤飽和液 EC 與重金屬 Cu 與鋅之檢測，結果顯示，土壤 EC>2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 有 6 處、>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 有 5 處，總計 11 處 (52 %) 鹽份累積已達 FAO 之影響香蕉、豆類等旱作範圍，其中有 1 處灌區農田土壤>3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，其可能造成水稻生長之影響。農田土壤重金屬 Cu>100 mg/kg 有 2 處、Zn>200 mg/kg 有 5 處，各灌區農田土壤兩項重金屬含量均較引灌乾淨水之土壤高，因此若再遭受此類灌溉水之污染，其農田土壤 Cu、Zn 將累計達食用作物管制標準 200 mg/kg、600 mg/kg，而造成農作物毒害並影響人畜食用之安全。

結論

1. 97 年度 15 個水利會畜牧搭排戶數總計有 2,272 戶，主要集中於雲林、彰化及嘉南等水利會。由數據顯示，全省之畜牧業搭排戶自 92 年開始迅速增加。
2. 依據 97 年度畜牧廢水所搭排渠道類別統計之，結果顯示，其主要分布於排水路等約有 2,014 戶 (佔 89 %)，廢水排在此類型水路是以放流水標準管制之，並無電導度 (EC) 規範；另排在灌排兼用、迴歸利用渠道才以灌溉水質標準 EC 規範之，兩類型搭排戶總計有 258 戶約佔總搭排戶之 11 %。其主要在雲林、彰化與高雄與屏東等地區。
3. 彙整 90 年至 96 年全省水利會畜牧業搭排戶水質初驗資料，以灌溉用水水質電導度 (EC) 項進行分析，自 89 年畜牧業廢水暫緩檢測 EC 後，台灣地區搭排戶放流水 EC 有逐年增加之趨勢，主要介於 1,501~2,250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 及 >3,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 兩個等級，約佔 76.0 %~80.0 %。
4. 蒐集 92~96 年度期間水利會畜牧廢污水排入之灌排渠道之 405 筆水質複驗資料，比較各項之不合格率，仍以電導度 54 % 為最高，其次為氨氮 (47 %) 該項，另外 SS、氯鹽硫酸鹽等項均介於 10 %，另重金屬則為 Cu 3.5 %、Zn 2.9 %。
5. 96~97 年度進行 21 處污染灌區農田土壤飽和液 EC 與重金屬 Cu 與鋅之檢測，結果顯示，土壤 EC>2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 有 6 處、>1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 有 5 處，總計 11 處 (52 %) 鹽份累積已達 FAO 之影響香蕉、豆類等旱作範圍，其中有 1 處灌區農田土壤>3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，其可能造成水稻生長之影響。農田土壤重金屬 Cu>100 mg/kg 有 2 處、Zn>200 mg/kg 有 5 處，各灌區農

田土壤兩項重金屬含量均較引灌乾淨水之土壤高，因此若再遭受此類灌溉水之污染，其農田土壤 Cu、Zn 將累計達食用作物管制標準 200 mg/kg、600 mg/kg，而造成農作物毒害並影響人畜食用之安全。

參考文獻

- 「規劃推動灌溉排水路分離及簡易水質處理設施」計畫。計畫編號：九三農發-八.二-林-0 二。
葉明吉。2006。農業灌溉水質探討。資源與環境學術研討會 pp. 47-54。花蓮。
- 林正鈞等。2002。灌溉水質重要項目標準檢討-高電導度廢水灌溉對土壤特性之影響及其標準值之檢討。「農業水利科技研究發展」九十年度成果發表討論會。
- 行政院農業委員會、農業工程研究中心。1996-2007。農田水利會灌溉水質監測管理系統。行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會畜牧處。2007。畜牧統計。行政院農業委員會。
- 農業工程研究中心、朝陽科技大學。2006。灌溉水質管理手冊。行政院農業委員會。
- Shannon, M.C. and C.M. Grive. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hortic.* 78: 5-38.
- Kaya, C., H. David, and S. Ebru. 2002. Response of two leafy vegetables grown at high salinity to supplementary. *J. Plant Nutr.* 25: 2663-2676.
- Storey, R. and R.R. Walker. 1999. Citrus and salinity. *Sci. Hortic.* 78: 93-81.
- Grattan S.R. and C.M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hortic.* 78: 127-157.
- Smith, C.J., P. Hopmans, and F.J. Cook. 1996. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn, and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia". *Environ. Pollut.* 94: 317-323.
- Millis, P.R. 2004. Heterogeneity of cadmium concentration in soil as a source of uncertainty in plant uptake and its implications for human health risk assessment. *Sci. Total Environ.* 326: 49-53.
- Fipps, G. 1914. *Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management.*

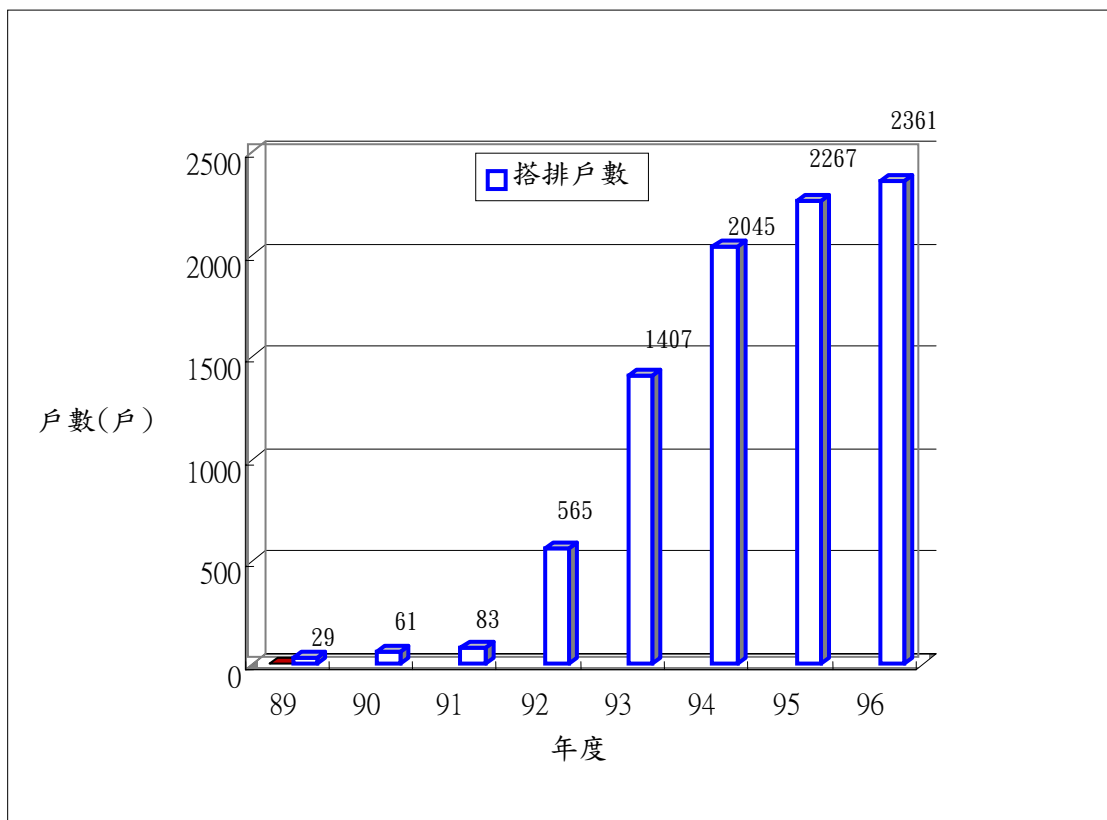


圖 1. 89-96 年畜牧業搭排數量統計圖

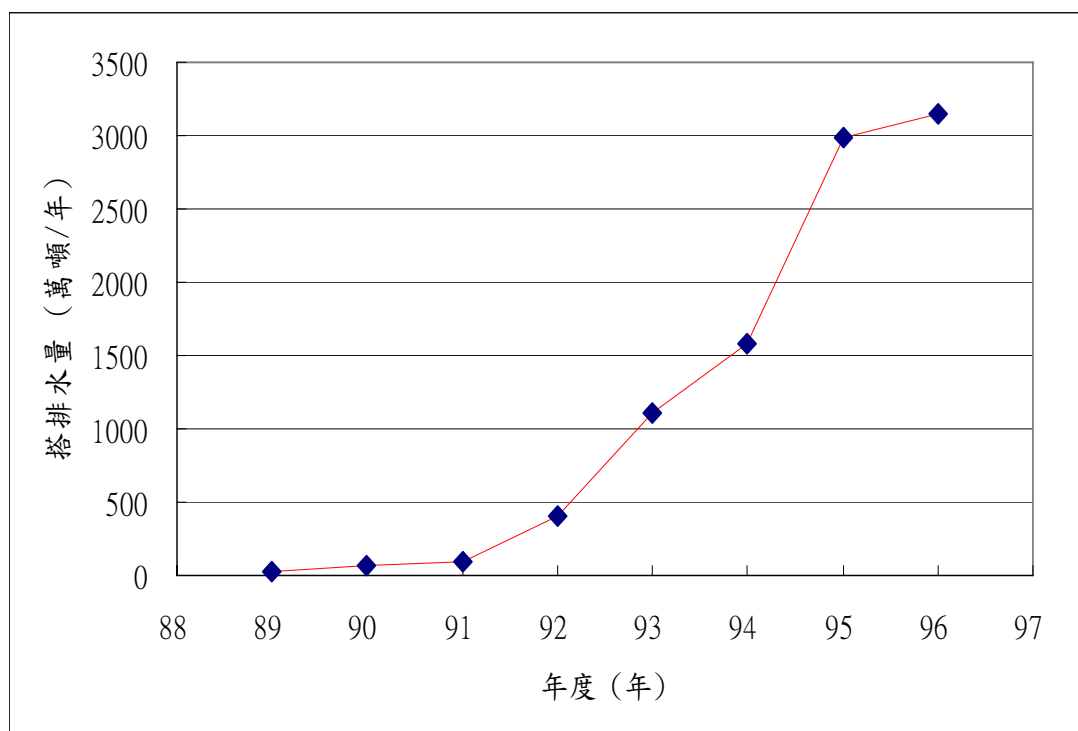


圖 2. 89-96 年畜牧業申請搭排廢水量統計表

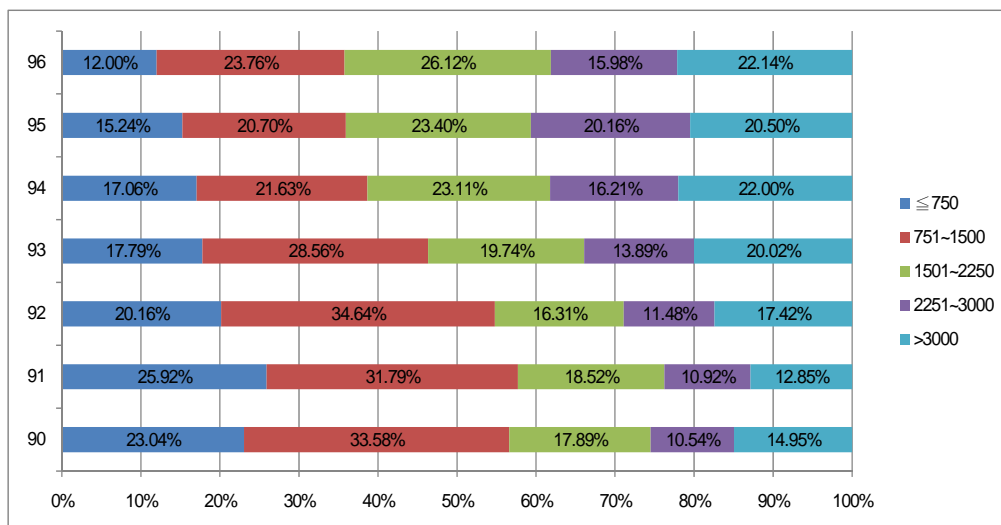


圖 3. 90-96 年全省水利會畜牧排放廢水水質初驗電導度不合格率分析

表 1. 89-96 年遭受畜牧污染渠道水質 EC 統計表

單位: $\mu\text{S}/\text{cm}$

會別	檢驗數 (點次)	89	90	91	92	93	94	95	96	EC 比較
宜蘭	1211	345	327	327	351	336	330	337	330	-15
北基	251		169	176	238	179	206	197	201	+32
桃園	40	720		603	741	600	631	617	547	-173
苗栗	47	356	408	461	476	531	726	624	642	+286
台中	300	252	281	286	358	353	334	351	358	+106
南投	125	623	440	309	378	557	351	385	348	-275
彰化	2477	848	798	804	780	781	745	831	862	+14
雲林	705			853	760	806	798	734	832	-21
嘉南	656	709	824	1297	1392	1589	811	726	578	-131
高雄	747	1116	1209	1309	1043	1018	1303	1225	1028	-88
屏東	680		658	704	714	778	825	883	917	+259
台東	42	390	380	412	373	403	417	411	415	+25
花蓮	144	363	363	332	373	366	388	399	366	+3
總計	7425									

資料來源:灌溉水質監測管理系統監視點相關畜牧污染測點水質 EC 資料

表 2. 92-96 年度畜牧影響渠道水質複驗項目合格數(率)統計表 單位:點次

水利會	點數	水溫	pH 值	導電度	懸浮固體	氯化物	硫酸鹽
宜蘭	4	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
桃園	3	3.0	2.0	0.0	3.0	3.0	3.0
彰化	104	104.0	102.0	15.0	80.0	92.0	97.0
雲林	52	40.0	52.0	27.0	46.0	39.0	48.0
嘉南	183	183.0	182.0	111.0	171.0	156.0	162.0
高雄	41	21.0	40.0	17.0	38.0	33.0	41.0
屏東	18	15.0	18.0	11.0	17.0	18.0	17.0
合計	405	370.0	400.0	185.0	359.0	345.0	372.0
合格率		91.4	98.8	45.7	88.6	85.2	91.9
不合格率		8.6	1.2	54.3	11.4	14.8	8.1

續表 2. 92~96 年度畜牧影響渠道水質複驗項目合格數(率)統計表 單位:點次

水利會	點數	總氮	銅	鋅	鈉吸著率	殘餘碳酸鈉
宜蘭	4	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0
桃園	3	0.0	0.0	3.0	3.0	2.0
彰化	104	73.0	101.0	101.0	93.0	84.0
雲林	52	44.0	52.0	52.0	39.0	35.0
嘉南	183	72.0	175.0	175.0	169.0	165.0
高雄	41	14.0	41.0	40.0	37.0	37.0
屏東	18	9.0	18.0	18.0	18.0	16.0
合計	405	215.0	391.0	393.0	363.0	342.0
合格率		53.1	96.5	97.0	89.6	84.4
不合格率		46.9	3.5	3.0	10.4	15.6

資料來源：灌溉水質監測管理系統監視點相關畜牧污染測點水質複驗數據經本文統計資料。