

專 論

灌溉水質標準檢討之研究

Study of Irrigation Water Quality Standard

國立台灣大學農業工程研究所博士班 國立台灣大學農業工程研究所教授 國立台灣大學農業工程研究所教授

徐 貴 新
Guey-Shin Shyu

張 尊 國
Tsun-Kuo Chang

徐 玉 標
Yuh-Piau Hsu

摘 要

台灣農田灌溉水質原極優良，近年受家庭污水、畜牧及工業廢水排入之影響，灌溉水質已普遍劣化。因而發生數次灌溉水質因受重金屬污染而導致土壤及稻米鎘污染事件。政府自民國62年起，陸續頒訂水污染防治有關法規暨水質標準，並於民國67年7月公告「台灣省灌溉用水水質標準」，實施管制防治。灌溉水質污染，以電導度及氮含量超出標準最為嚴重，惟放流水標準中並無規範；此外，許多重金屬之標準在灌溉水質標準與放流水標準相差甚大，類此皆成水源缺乏及污染嚴重地區執行灌溉任務時之困難，亟待有關方面協調解決。同時臺灣省灌溉水質標準頒布至今，執行之遭遇許多困擾，亦有檢討修正之必要。

灌溉用水向佔水資源用水量之最大宗，且水體分類水質標準丁類以上即可符合灌溉使用。用水單位與環保機構應建立共識，以達成地面水體之水質標準合於丁類標準為近程首要目標，並逐步改善達到預期之水體分類目標，以保障灌溉用水之安全。

關鍵詞：灌溉水質，水污染。

ABSTRACT

The quality of irrigation water in Taiwan was fairly good before the 70's. Recent years, by influence of all kinds of wastewater, irrigation water quality has grown worse markedly. The soil cadmium contaminated events happened several times through polluted irrigation water.

From 1973, government continuously issued water pollution prevention law and water quality standard. And in July 1978, they issued "Quality Standard of Irrigation Water in Taiwan Province" to control and prevent its quality getting worse. Electrical conductivity and nitrogen content exceed standard value frequently the major problem. Besides, the quality standard of specific heavy metal in irrigation water to that of effluent standard differs too much. For those reasons, causing it is difficult to enforce the irrigation laws. Therefore, the

standard of irrigation quality in Taiwan Province should be reviewed.

Irrigation water share the largest amount in all water useage demand, and D class standard of water quality classification will meet the quality requirement. Therefore, all government organizations have to have a common acknowledgment to attain the surface water quality to meet D class as their first goal. Then gradually improve to predesigned water classification to assure the security of irrigation water and other use.

Keywords : Irrigation water quality, Water pollution.

一、前 言

台灣水資源利用以灌溉用水為最大宗，年約一百五十億立方公尺，佔總利用量之 80 %。根據台大農工系在民國 52 ~ 53 年度，對全省十九條主要河川及 66 處大型圳路水質化驗分析之結果，顯示各地水質均很優良，引用於灌溉，不致有鹽害、鹼害或污染問題發生。但近二十來由於人口增加，都市、社區擴大及廢水量急劇增加之結果，污染質已遠超原有埤池或河圳之自淨能力，因此很多地區之灌溉水質，已漸呈劣化，不但構成污染，嚴重者已達公害程度。

政府鑑於事態之嚴重，陸續頒訂水污染防治有關法規暨水質管制標準。雖有各項水污染防治規章，然農田水利會灌溉設施遍布各地，面積遼闊，人力物力未能全面顧及，同時水利會亦急需一套管理辦法，有效追蹤監視管理。因此，台灣省水利局、水污染防治所、農田水利協進會，共同於民國 66 年向中國農村復興聯合委員會（現行政院農委會）申請『灌溉水質污染監視處理試辦計畫』，因該計畫之執行，促成台灣省政府於民國 67 年 7 月公告「台灣省農業灌溉用水水質標準」。

目前環保單位對水污染之管制，是採用放流水標準，惟其中並無 EC 之規定，而灌溉用水係屬生產用水，以 EC 之標準最為首要，然而工廠廢水中之電導度往往往超過灌溉水質之 EC 標準，形成灌溉用水一大污染來源。但若以 EC 過高提出檢舉或訴訟，往往無法得到回應，形成灌溉水污染防治上之死角，由於不能取得共識，迄今問題尚未解決。

灌溉水污染以電導度及氮含量最為嚴重，惟環保單位在放流水標準中並無規範。此外銅之濃度在灌溉水質標準中規定為 0.2mg/l，而放流水標準定為

3.0mg/l，相差頗多，台灣許多地區於枯水季節水源困難幾無稀釋能力，類此皆成為取締執行尺度之困難，亟待有關方面協調改正之。同時臺灣省灌溉水質標準係在民國 67 頒布，行之多年，其為對內生產用水之標準依據，對外污染管制無法發揮功效，反而造成執行灌溉管理之困擾。亦可進行檢討及修正必要。

二、灌溉水質污染之影響

灌溉水污染對農業的影響，首先為對農作物的生長、產量的直接影響，同時還應考慮到對土壤及其他因素如農產品品質的間接影響以及對田間勞動的農民耕作時心態的影響等。

水質污染對農作物的影響，是隨著土壤條件、施肥管理等因素而變化的，土壤一般都具有緩衝能力，能消除流入農田之污水影響，有維持現狀的作用。施肥管理對農作物生長的影響是人為制約的，當污水流入農田因土壤接納污染質尚未達飽滿階段，農作物也會按最好的條件生長，由於這個緩衝作用，所以水污染的惡劣影響，在開始前不直接表現在農作物上，但經過一定的時間以後，危害則表面化。因此水質污染農田可分為以下三個階段：

第一階段：完全沒有影響的階段。

第二階段：通過土壤作用、人為制約及其他方面，可以減緩惡劣影響的階段。

第三階段：已經不能消除惡劣影響的階段。

從農業的角度來看，第一階段的水質是人們所希望的；第二階段是通過農業技術的應用，改善農業生產環境及制定對策等可以防止對危害的發生；第三階段已經成為超越農業技術範疇，成為社會性問題，必須由政府來管制。

水質污染不僅是外來干擾對農業產生影響，而

表 1 水中污染物質及污染源對作物的影響

污染物	主要污染源	生育 為害	作物 殘留	生育危害的發生部位 (對農作物的影響)
有機廢水	市鎮污水、食品工廠、造紙廠、家畜糞尿。	√	√	根的活力減低，產生腐敗，土壤物理性能惡化(BOD、DO、SS的影響)。
氮	市鎮污水、食品工廠、家畜糞尿。	√		過分茂盛、倒伏、不易成熟、穀粒不飽滿、米質下降。
酸性廢水	金屬加工、礦山冶煉廠、造紙廠、化工廠。	√		酸性：根發育不良，根呈獅尾狀。 鹼性：由於缺鐵發生缺綠症。
含油廢水	汽車廠、石油化工廠。	√		輕油：掩葉、褐色斑點、心葉黃化下葉由褐色變為枯死；重油：往葉面移動少，有局部危害(油在水中呈油滴化)。
氟化物	氧化鋁電解廠、磷肥廠、陶磁、煉鐵廠。	√	不明	新葉尖端有缺綠的現象。
氰	電鍍廠、化工廠、氧氣廠、煉鐵廠。	√	不明	在微量時生育就受到危害，阻礙蛋白質的合成。
鎘	電鍍廠、化工廠、機械、電子機器製造廠、煉鋅廠。	√	√	水稻分蘖減少，下部葉鞘暗褐色，其他作物則葉色由黃一褐一黑。
烷總基汞	化工廠(燒鹼、氯乙炔廠、農藥廠)。	√	√	水稻根伸長受阻，生育初期不良，葉黃化(根部容易蓄積汞)有機汞比無機汞的危害大。
六價鉻	電鍍廠、化工廠、皮革廠、合金製造廠。	√	不明	水稻分蘖期，生殖生長期生長受阻；小麥則比水稻容易受到危害；鉻阻礙其他營養元素(N、P、K)吸收。
砷	化工廠(無機藥品、農藥、硫酸、化肥廠)。	√	√	水稻葉脈受損，葉色變黃，有時變為白色，根為腐敗根，新根受到抑制，莖葉黃化枯死。
鉛	化工、玻璃、蓄電池、鉛字、陶磁及印刷廠。	√	√	關於經過根吸收產生危害的機理還不清楚。
銅	礦山、煉銅廠、銅氨法人造絲製造廠。	√		葉尖部黃化，根萎縮，伸長受到抑制
鋅	礦山冶煉廠、鍍鋅廠、橡膠製造廠	√		葉脈間有鐵線現象，整株為青枯症狀，根發育受阻。

註：√表示有危害 資料來源：王德榮等，1987。

且農業本身對水質也有影響。為了使農作物增產就需要施肥、撒藥等，其中一部分溶解在水中也就成為水質污染的原因之一。相反，如果在水田裡灌溉污染的水，有許多污染質能被植物吸收，或通過氧化作用而分解消失，因此在農業生產過程中亦有淨化水質的效果。換言之，農業對水質有

緩衝作用及淨化能力，使水質能保持較好的狀態。所以農業的價值不僅僅是提供農產品，同時對保護整個環境水質改善上，亦有很大的價值，這個觀點是應該為各方進一步的認識。

至於水污染對從事農業工作者的健康上影響，涉及衛生與心理的問題，本文不加探討。

1. 水污染對作物之影響

(1) 污染來源及其性狀：

本省灌溉水質污染來源係因承受工業廢水、養豬廢水、家庭污水及垃圾所致。依水中污染物質種類、可能產生之污染來源及對作物之影響整理如表 1，並分別說明如次。

(2) 農作物受害的情況：

灌溉水質受到污染，使農作物受害，大體可分以下三大類型：

①在葉片等部位可看見受害症狀或作物產量下降的類型：城市生活污水流入水田使水稻貪青，鹽害引起的危害，都屬於這一類型。這也是最常見的一種類型。水質污染使水稻受害的臨界濃度，由於土壤、栽培管理和其他因素的不同其受害濃度差別很大，因此，很難得到精確的標準。但是日本研究方面經過歸納，可提出一般標準如表 2 所示。

②在農產品中有殘毒積累不能食用的類型：PCB 等有毒物質被作物吸收或吸附後，農產品就不宜作為食物。這種受害類型對人類的危害比對作物產生的危害更大。

表 2 水質污染對水稻生長的允許臨界濃度

項 目	允 許 濃 度
pH	6.0~7.5
Cl ⁻	500~700 ppm 以下
EC	1,000 μ s/cm 以下
T-N	5 ppm 以下
NH ₄ ⁺ -N	3 ppm 以下
ABS	3 ppm 以下
油分	2~3 l/a(公畝)以下
COD	15 ppm 以下
BOD	5~8 ppm 以下
DO	5 ppm 以上
SS	100 ppm 以下
總固體	1,000 ppm 以下

註：日本 COD 的統一測定方法為高錳酸鉀法

③對農民衛生健康的危害超過對農產品品質影響的類型：農民在從事水田等農活中手腳皮膚受到污染，這種類型雖然從廣義上說是農業本身的職業範圍，屬於衛生保健的範疇。

2.有機污染之危害

有機性污水之來源有市鎮污水、製糖及食品加工廢水以及家畜糞尿等。所謂有機物是指碳水化合物、蛋白質、脂肪等為主的動植物性容易被分解的物質。關於有機物污水使農作物受害的一般情況介紹如下：

(1)危害症狀：

受有機物污染危害的水稻，通常生長多呈過分茂盛，莖桿徒長、無效分蘗增多、劍葉既長又寬；生長後期葉色濃綠，莖基部軟弱容易倒伏；根部鬚根變少，呈爛根狀態。此生長特徵在中期較明顯，稻桿增重；收穫期則糙米重減少，穀粒不飽滿、米質下降。

有機污水污染的土壤，土壤會出現冒泡現象，在插秧期秧苗成活率不高；分蘗期易得赤枯病，有時還發生其他生理性障礙。水稻受害通常在進水口附近最為明顯，不溶性的有機污染物在這裡沈澱，造成土壤還原等危害。另外由於水稻受到污染容易引起紋枯病及其他病蟲害。

(2)發生危害的機制：

有機物污染引起水稻受害的原因，大體上可分為氮素過多、土壤還原兩部分。在氮素含量過多的污水是以氮過剩引起作物受害為主；相反，氮含量少的污水，是以土壤還原危害為主。糞尿的污水是以氮過剩危害為主，造紙廢水等是以土壤還原危害為主，而城市污水則處在兩者之間。

氮含量過多產生的危害過程，可分為污水中的氮素被作物直接吸收，和氮素累積存在土壤裡然後再被作物間接吸收兩部分，後者如果長期受污水影響就會出現嚴重危害。

另外在旱田氧化狀態的土壤中，污水中的有機物可以完全分解為二氧化碳和水；而在還原化的水田中卻產生氫、甲烷、有機酸、乙醇等中間代謝產物。土壤中如果這種有機物的還原性分解一開始，則土壤 Eh 就會下降，生成二價鐵、硫化氫等。過量的二價鐵、硫化氫等隨有機酸一起被水稻作為養份吸收，使水稻體內代謝受到阻礙，

抑制地上部的生長及根的伸長，發根等，因此使水稻對磷、鉀的吸收受到抑制，容易引起赤枯病、秋落現象等。

(3)發生危害的濃度：

水稻受害的污染程度隨著土壤條件、栽培措施的不同而有很大的差異。一般氮過剩的危害表現在粘質土重於砂質土、濕田重於乾田；土壤還原的危害表現在濕田重於乾田。根據水田狀況的不同，作物受害的臨界濃度不是固定的。

污水中的無機態氮素化合物有氨態(NH_3)、硝酸態(NO_3)等；有機態氮有胺態、氨基態、蛋白態等。所有這些型態全部合起來稱為總氮(TN)。有機態氮在污水中如果被無機化就首先轉變為氨態氮，在流動的河水裡如果有空氣中的氧補給則氨態氮就被氧化成硝酸態氮，硝酸態氮在土壤中難以被吸收，所以水稻也難以有效利用，在考慮以水田作物為對象時硝酸態氮可不作為污染物質。

東京都農業試驗場對城市污水中的全氮和氨態氮的關係做了研究，氮量的分析是用簡易的奈氏試劑比色法測定如表 3。

污水中氮的濃度和水稻受到的關係，由於土

表 3 污水危害程度和水中氮素濃度、奈氏反應

污水危害程度	生長、產量的影響	T-N ppm	$\text{NH}_4\text{-N}$	奈氏反應
0	完全沒有	<1	無	-
I	稍微有些茂盛	1-3	無	-
II	過于茂盛，有時減產	3-5	少量	+
III	減產	5-10	中量	++
IV	大幅度減產	>10	多量	+++

表 4 COD 和水稻受害率

受害率(%)	COD(ppm)
0	5.6
0 - 5	5.6 - 8.2
5 - 10	8.2 - 15
10 - 12	15 - 20

壤類型、栽培措施、污水中共存的污染物等不同而有很大的差異，一般標準可參照表 2。全氮在

10ppm 以下時可通過栽培方法得到改善，如果有機污染物長年的流入水田，則水田氮的允許量就要降低。

有機污染物是多種多樣的，把每種物質都制定出標準是有困難。因此，一般水質污染物，是有機物的總量作為指標，用 COD 或 BOD 表示之。

污水中的有機物在分解的過程中由於消耗土壤中的氧，從而使土壤處於還原狀態。COD 每增加 1ppm，水田土壤的 Eh 值降低 6-7 毫伏，水田生長就會受到土壤的還原危害。

日本愛知縣農業綜合試驗場的實驗導出了 COD 和水稻產量的關係：

$$Y=0.84+0.90/X \quad [Y: \text{產量係數 } X: \text{COD(ppm)}]$$

(5.6 < X < 20 範圍內)

受害率可見表 4。但是 COD 使水稻受害由於水田土壤類型的不同，其受害程度有很大的差別。濕田的水稻受害較旱田明顯。京都農業試驗場的實驗表明，在灰褐色土壤的水田裡，COD 在 20ppm 以上才對水稻產量帶來影響。

3. 鹽害污染的危害

海水中鹽分組成以氯化鈉為主，除少量的成分不同外，大部分都相類似；工業廢水的種類不同其鹽分的組成和濃度也會隨之產生變化；另外城市污水中人之糞尿含有無機鹽類，這些鹽分對農作物的直接危害大致類似。但在一般情況下，含氮或有機物污水，由於鹽類直接對農作物產生危害的情況是不多見的。

(1) 受害症狀：

水稻受鹽害的特徵表現為葉身枯萎、分蘖減少。高濃度的鹽水能在短時間內使整個植株葉片出現枯萎，隨即枯死；低濃度的鹽水首先使葉色變濃，接著從下部葉片開始枯萎，分蘖受到抑制，葉身枯萎部分通常呈白色化的脫水狀態，接著變為褐色。葉身枯萎在營養生長期比生殖生長期更為明顯。根在高濃度鹽水短期作用下，由於鐵的沈澱，根變為褐色；在低濃度鹽水長期作用下，根逐漸變為黑色爛根。

(2) 發生危害的機制：

鹽害是由於鹽水高滲透性使作物根的吸水性能受到抑制而形成，作物吸收了鹽分使體內的新陳代謝紊亂，葉的光合作用下降，以致引起其他

多種機能的衰退，破壞了體內的互相協調。

鹽水流入的農田土壤發生陽離子交換反應，吸附鹽分中的鈉離而成為鹽基化合物，放出二價鐵等，由於二價鐵的活動使水稻產生腐敗根，導致養分吸收受阻。又由於此時土壤已變為以鈉膠體為主的型態，土壤物理性能變差容易引起土壤還原化，在受鹽害的農田裡大都同時併發植物爛根現象。

(3) 發生危害的濃度：

鹽的危害程度隨著水稻生育期、環境條件而變化。如果以葉身枯萎作為標準，則生育初期比生育後期容易受害；如果以稻米減產作為標準，則生長後期的受害是關鍵。經實驗和現場調查的結果，作物受害的臨界濃度：土壤水中氮離子濃度返青期為 0.05-0.07%，分蘖期為 0.07-0.1% 左右。如果把枯葉的發生作為水稻受害的指標，其受害程度就按受鹽害天數和受害比例找出兩者關係，隨著鹽分的增加受害越明顯。

因為水稻的根有吸水性能，所以分佈在根周圍的殘留鹽分隨之濃縮，因此長期使用低濃度的鹽水也會引起鹽害。通常使用含 Cl^- 0.05% 以下水灌溉不會產生危害。如果用電導度 (EC) 來表示鹽分濃度，其電導度大致在 1,000 $\mu\text{S/cm}$ 以上就會引起鹽害。

三、世界各國標準之比較

臺灣省灌溉用水水質標準於民國 67 年公布至今業已 17 年，隨著客觀條件之改變，相對著灌溉水質標準也有修改之必要，以應實際所需，經蒐集國外相關之灌溉水質標準，並整理及說明比較如後。

1. 中國大陸農田灌溉水質的分類與適用範圍

中國大陸之農田灌溉水質標準將農業用水依主要水源、補助水源；施灌水量、時間等條件分為兩類：一類灌區，執行一類標準，二類灌區，執行二類標準如表 5 所示。各項標準數值均指單次測定最高值，而非多次測定的平均值。茲分別說明如下：

一類：指工業廢水或城市污水作為農業用水的主要水源，並長期利用的灌區。灌溉量，水田 80 0 噸/畝·年，旱田 300 噸/畝·年。

表 5 中國大陸農田灌溉水質標準

項 目	一 類	二 類	項 目	一 類	二 類
水 溫	≤ 35 ℃	≤ 35 ℃	硒及其化合物 (毫克/升)	≤ 0.02	≤ 0.02
pH 值	5.5 ~ 8.5	5.5 ~ 8.5	氟 化 物 (毫克/升)	≤ 2.0 (高氟區) ≤ 3.0 (一般地區)	≤ 3.0 (高氟區) ≤ 4.0 (一般地區)
全 鹽 量 (mg/L)	≤ 1000 (非鹽鹼土地區) ≤ 2000 (鹽鹼土地區) 有條件的地區可以適當放寬。	≤ 1500 (非鹽鹼土地區) ≤ 2000 (鹽鹼土地區) 有條件的地區可以適當放寬。	氰 化 物 (毫克/升)	≤ 0.5 (土層 < 1 米地區) ≤ 1.00 (一般地區)	≤ 0.5 (土層 < 1 米地區) ≤ 1.0 (一般地區)
氯 化 物 (毫克/升)	≤ 200	≤ 300	石 油 類 (毫克/升)	≤ 5.0 (輕度污染區) ** ≤ 10.0	≤ 10.0
硫 化 物 (毫克/升)	≤ 1	≤ 1	揮發性酚 (毫克/升)	≤ 1.0 (土層 < 1 米地區) ≤ 3.00	≤ 1.0 (土層 < 1 米地區) ≤ 3.0
汞及其化合物 (毫克/升)	≤ 0.001	≤ 0.001 ≤ 0.005 (綠化地)	苯 (毫克/升)	≤ 2.5 (土層 < 1 米地區) ≤ 5.0	≤ 2.5 (土層 < 1 米地區) ≤ 5.0
銅及其化合物 (毫克/升)	≤ 0.002 (輕度污染區) ** ≤ 0.005	≤ 0.003 (輕度污染區) ** ≤ 0.010 ≤ 0.050 (綠化地)	三氯乙醛 (毫克/升)	≤ 0.5 (小麥) ≤ 1.0 (水稻, 玉米, 大豆)	≤ 0.5 (小麥) ≤ 1.0 (水稻, 玉米, 大豆)
砷及其化合物 (毫克/升)	≤ 0.05 (水田) ≤ 0.1 (旱田)	≤ 0.1 (水田) ≤ 0.5 (旱田及綠化地)	丙 烯 醛 (毫克/升)	≤ 0.5	≤ 0.5
六價鉻化合物 (毫克/升)	≤ 0.1	≤ 0.5	硝 (毫克/升)	≤ 1.0 (西紅柿, 馬鈴薯, 絲 瓜, 韭菜, 洋葱, 黃瓜 梅豆, 柑橘) ≤ 2.0 (小麥, 玉米, 茄子, 青 椒, 小白菜, 蔥) ≤ 4.0 (水稻, 油菜, 甘 蔗)	≤ 1.0 (西紅柿, 馬鈴薯, 絲 瓜, 韭菜, 洋葱, 黃瓜 梅豆, 柑橘) ≤ 2.0 (小麥, 玉米, 茄子, 青 椒, 小白菜, 蔥) ≤ 4.0 (水稻, 油菜, 甘 蔗)
鎘及其化合物 (毫克/升)	≤ 1.0	≤ 1.0 (土壤 pH < 6.5) ≤ 3.0 (土壤 pH > 6.5)	大腸菌羣 (個/升)	≤ 10000 (生吃瓜果收穫前 一星期)	≤ 10000 (生吃瓜果收穫前 一星期)
鉍及其化合物 (毫克/升)	≤ 2.0	≤ 3.0 (土壤 pH < 6.5) ≤ 5.0 (土壤 pH > 6.5)			

註：放射性物質按國家放射防範規定的有關標準執行。 資料來源：惠士博、雷志棟等，1992 年。

* 在以下具體條件的地區，全鹽量水質標準可略放寬。①在水資源缺少的乾旱和半乾旱地區。②具有一定的水利灌排工程設施，能保證一定排水和地下逕流條件的地區。③有一定淡水資源能滿足沖洗土壤中鹽份的地區。④土壤滲透性較好，土地較平整，並能掌握耐鹽作物類型和生育階段的地區。

** 輕度污染灌區指污染物含量超過土壤本底上限，但農作物殘留不超過農作物本底上限。

二類：指工業廢水或城市污水作為農業用水的補充水源，而實行清污混灌輪灌的灌區，其用量不超過一類一半。

2. 日本、美國和沙烏地阿拉伯等國相關標準

鄰近之日本與我國之農業體制較為類似，表 6 是該國農業用水與土地分級法、農業與公害、衛生部、水資協會和愛知縣標準(方案)之比較。表 7 是美國加州地區之灌溉水質標準，其標準是依使用之程度及施灌之方法而訂定。至於無限制灌溉的水質標準，將美國 EPA 之建議標準與沙烏地阿拉伯及聯合國糧農組織(FAO)之標準整理比較如表 8。另外美國環境保護署對農業灌溉水質依農地之土壤種類及使用期限之建議標準如表 9 所示。

四、灌溉水質標準之檢討

台灣灌溉用水水質標準在民國 67 年由省政府公告頒行，與現行依水污染防治法第七條第二項規定，民國 82 年 1 月 1 日起施行之放流標準比較，內容如表 10 所示。可知灌溉用水項目共 28 項，其中有 16 項放流水標準內有規定，但濃度限值，兩者之間差異頗大，有的灌溉水質有規範，放流水沒有，相反，放流水有規範，灌溉水卻沒有。所以有此差異，最大之原因，是政府訂定放流水標準，是基於公共環境衛生及經濟技術發展之水準與自然水體之涵容能力等之立場，而灌溉用水是產業用水，其水質必須符合產業的要求，換言之，灌溉用水所考慮者，是施灌後不致損害作物及農田土壤為度，兩者目標並不相同。但以地表水體水質分類而言，所訂丁類標準之各相關項目均較灌溉用水標準更為嚴格，故若能維持地

表 6 日本農業用水標準

項 目	農 業 用 水 標 準	參 考				
		土 地 分 級 法	對 的 作 物 害 害 質	下 的 水 道 質 法 標 中 準	水 標 產 用 水 準	愛(知方縣案)標 準
EC 電導度 (ms/cm)	0.3	鹽類 濃度 500 ppm				鹽類 濃度 500 ppm
pH	6.0-7.5	6.0-7.5		5.8-8.6	6.5-8.5	
SS(ppm)	100					
DO(ppm)	5				3	
COD(ppm)	6		8			8
T-N(ppm)	1	1			全氮 濃度 1	1
As(ppm)	0.05		0.05	0.05		0.05
Zn(ppm)	0.5		1.0	0.1	0.1	1.0
Cu(ppm)	0.02		0.01	1	0.01	0.1

資料來源：日本農業公害手冊

面水體之水質標準達丁類以上，灌溉使用即不會造成困擾。茲分項提出討論，並參酌世界各國標準及考量台灣特有背景，比較說明如下：

1. 電導度：

灌溉用水視電導度為判斷水質優劣第一重要之指標。因為在作物，電導度所產生之滲透壓影響作物對水分吸收之能力，過濃之金屬離子對作物呈毒性，對土壤亦產生鹽分積聚，土壤有鹽鹼化之虞。

電導度在放流水標準中並無規定，在台灣灌溉用水標準中定為 $750 \mu \text{ s/cm}$ ，台灣河川地表水之自然背景其電導度值均不超過 $400 \mu \text{ s/cm}$ 。

電導度係表示水中溶解有解釋性陽離子（鈣、鎂、鈉、鉀、鐵、鋁等）及陰離子（ SO_4^- 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等）之總和，亦可說是水金屬鹽分濃度的總指標。

2. 氮化物：

氮化物在放流水中有列出硝酸鹽氮之限值為 100 mg/l ，但在灌溉水中規定其總氮量不應超過 1.0 mg/l ，灌溉水中有此設限，主要是參考日本之研究資料，認為水稻生育後期，再施含氮之水質，往往繁殖過盛，延長成熟，招致倒伏或罹病蟲害之不利結果；在人畜方面，硝酸鹽是致癌

物，各國多有設限。

工礦廢水中，氮化物之存在很普遍，如食品、釀造、乳品、肉類、皮革、肥料等工業廢水中皆有大量存在。台灣近年來由於養豬事業發達，飼養頭數超過千萬頭，都市家庭用水亦急劇增加。根據各水利會調查統計，在受污染的灌溉水中有 $70 \sim 85 \%$ 是氮過多所造成的，由於氮化物在廢水中普遍存在，經徐玉標 (1967 ~ 1994) 多年研究灌溉水質總凱氏氮低於 10 mg/l ，若於施肥及灌溉管理作適當因應，亦不致發生危害。

3. 銅：

銅在放流水限質為 3.0 mg/l ，而灌溉水質為 0.2 mg/l ，差異頗大，銅離子對作物甚具毒性，尤以水產魚類，更為敏感，所以值得考慮。

4. 鉛：

放流水鉛之限值為 1.0 mg/l ，灌溉水為 0.1 mg/l ，鉛對作物之毒性不強，主要是考慮其在作物體內產生累積作用，人畜食用後，產生致癌威脅。

5. 錳：

錳與鐵相似，低價錳離子甚具毒性，尤以水田中呈還原狀況，對水稻及土壤皆不利，放流水定其限值為 10 mg/l ，對灌溉而言，顯然偏高。

6. 硒：

硒在放流水限值為 0.5 mg/l ，但在灌溉水中規定不應超過 0.02 mg/l ，差距達 25 倍。查台灣灌溉水質標準規定係參考美國農業部標準，美國西部諸州土壤及水中硒之含量，作物吸收後，人畜食用後有產生致癌危險，故特加規範，台灣土壤及水源，硒之濃度低，故灌溉水質硒之限值是得進一步研究。

7. 鈣與鈉：

鈣與鈉在放流水中並無規定限值，其理同電導度值，因其實代表電導度絕大部分內涵（電導度 80% 以上），鈣與鈉在天然水（河川、泉水）是大量元素，鈣鈉在工業上同屬硬水，形成罐垢，構成污染；但在農業鈣能改良土壤，鈉卻破壞土壤，兩者作用幾乎相反，所以在灌溉水質標準上，一般多採用 SAR 比值 (Sodium Adsorption Ratio) 來衡量其消長狀況。

鈣與鈉之管制，在水土資源生態環境上遠比

表 7 加州地區灌溉水水質標準

灌溉水在問題		單位	使用限制程度		
			沒 有	微量~適中	嚴 重
鹽 份 滲 透 性	電導度EC	ds/m	<0.7	<0.7 ~ 3.0	> 3.0
	總懸浮固體物 TDS	mg/L	<450	450 - 2,000	> 2,000
	SAR=0-3		and EC>0.7	0.7 - 0.2	<0.2
	= 3- 6		EC>1.2	1.2 - 0.3	<0.3
	= 6-12		EC>1.9	1.9 - 0.5	<0.5
特 殊 離 子 毒 性					
	=12-20		EC>2.9	2.9 - 1.3	<1.3
	=20-40		EC>5.0	5.0 - 2.9	<2.9
	鈉 (Na) 濃	SAR	< 3	3 - 9	> 9
	鈉 (Na) 濃	meq/L	< 3	> 3	
其 他 項 目	氯 (Cl) 濃	mg/L	< 70	> 70	
	氯 (Cl) 濃	meq/L	< 4	4 - 10	> 10
	氯 (Cl) 濃	mg/L	< 140	140 -350	> 350
	氯 (Cl) 濃	meq/L	< 3	> 3	
	氯 (Cl) 濃	mg/L	< 100	> 100	
其 他 項 目	硼 (B)	mg/L	< 0.7	0.7 ~3.0	>3.0
	總 氮	mg/L	< 5		> 30
	酸性碳酸鹽 HCO3	mg/L	< 1.5		> 8.5
	pH	單位	正 常 範 圍	6.5 -8.4	>500
	餘 氮	mg/L	< 1.0		>5.0

資料來源：Asano, T. and Pettygrove, G. S. 1987.

一般稀有重金屬重要，因前者影響是全面性，後者多為局部區域污染，所以水質管制不應忽視鈣與鈉在水中之量及其影響。

8. 氯化物與硫酸鹽：

氯化物與硫酸鹽在放流水中未有規定，然在工業及家庭廢污中，氯化物與硫酸鹽類，都是廢污之主成分，但毒性不強，量大時僅影響滲透壓而已，故在灌溉水中設限，硫酸鹽為 200mg/l，氯化物為 175mg/l。但此種中性鹽若厭氣分解，毒性極大，如硫酸鹽轉為硫化氫，侵蝕性極強，一般硫化物在排水不良或嫌氣狀態下還原成硫化氫，即是常見之實例。中國大陸對灌溉水質中硫化物之設限，第一類灌溉水質中建議，其設限值應不超過 1.0mg/l。蓋即指其能生物分子分解轉化成硫化氫之故。

鈉、鈣、硫、氯幾乎存在於所有工業及家庭廢水中，凡是工廠沒有不用不含有此四元素之物質，所以氯及硫之設限，往往因國情之不同，而有所規範。經參考世界其他國家之相關標準及國內之實際現況後所建議修改之灌溉用水水質標準

表 8 無限制灌溉的水質標準

項 目	最 大 污 染 限 值 (MCL) mg/L			
	沙烏地阿拉伯建議標準	聯合國糧農組織 FAO	美國環境保護署 EPA 農業的	景觀的
鋁 Al	5.0	5.0	5.0	5.0
砷 As	0.1	0.1	0.1	0.1
鉍 Be	0.1	0.1	0.1	0.1
硼 B	0.7	0.75	—	—
鎘 Cd	0.01	0.01	0.01	0.01
鉻 Cr	0.1	0.1	0.1	0.1
鈷 Co	0.05	0.05	0.05	0.05
銅 Cu	0.4	0.2	0.2	0.2
氟 F	2.0	1.0	1.0	2.0
鐵 Fe	5.0	5.0	5.0	5.0
鉛 Pb	0.1	5.0	5.0	5.0
銻 Li	2.5	2.5	2.5	2.5
錳 Mn	0.2	0.2	0.2	0.2
鎳 Ni	0.2	0.2	0.2	0.2
鉬 Mo	0.01	0.01	0.01	0.01
硒 Se	0.02	0.02	0.02	0.02
鈮 V	0.1	0.2	0.1	0.1
鋅 Zn	4.0	2.0	2.0	2.0
汞 Hg	0.001	—	—	—
pH	6-8.4	—	—	—
糞便大腸菌 MPN/100mL	2.2	—	1000	2.2
氯化物	0.05	—	—	—
酚	0.002	—	—	—
BOD	10.0	—	—	20.0
TSS	10.0	—	—	15.0
濁度 NTU	2.2	—	—	—
氯化物	280	—	—	100-200
硫酸鹽	—	—	—	200-400
氮 N	10.0	—	—	—
SAR	—	—	—	8-18

資料來源：Al-Mutaz, -I. S. 1989.

表 9 美國 EPA 對農業灌溉之水質建議標準

重金屬 部 份	長期限值 (mg/L)①	短期限值 (mg/L)②	說 明
鋁 (Al)	5.0	20.0	在酸性土壤中將引起生產力的喪失，但在pH=5.5~8.0 則離子將沉澱而使毒性消失。
砷 (As)	0.10	2.0	毒性範圍變化很大，從對Sudan grass 的12 mg/L 到對稻米的 1mg/L。
鉍 (Be)	0.10	0.5	毒性範圍變化很大，從對Kale的 5mg/L 到 bush beans 的0.5 mg/L。
硼 (B)	0.75	2.0	在植物生長階段在十分之幾 mg/L 濃度能促進植物最大產量，但對某些較敏感植物在 1 mg/L 時有毒性（柑橘類）。
鎘 (Cd)	0.01	0.05	對豆類、甜菜類在 0.1 mg/L 時即有毒，應採用較保守之限值。
鉻 (Cr)	0.10	1.0	並不被認為是主要營養素，但由於對其毒性不明瞭，最好採保守之限值。
鈷 (Co)	0.05	5.0	對蕃茄在 0.1 mg/L 時即有毒性，在中性及鹼性土壤其活性較低。
銅 (Cu)	0.20	5.0	對很多植物在 0.1 ~ 1.0 mg/L 就有毒性。
鐵 (Fe)	5.0	20.0	在通氣性土壤不具毒性，但會使土壤酸化及使鉍、磷流失。
鉛 (Pb)	5.0	10.0	在很高的濃度時會抑制植物細胞生長。
錳 (Mn)	0.2	10.0	在酸性土壤時十分之幾至數 mg/L 濃度對大多數植物有毒性。

重金屬 部 份	長期限值 (mg/L)①	短期限值 (mg/L)②	說 明
氟(F)	1.0	15.0	在中性及鹼性土壤活性較低。
鋰 (Li)	2.5	2.5	對大多數植物在高至 5 mg/L 濃度下亦沒有毒性，會在土壤中移動，對柑橘類在低量就會有毒性，建議採用 0.075mg/L 的限值。
鎳 (Ni)	0.2	2.0	在 0.5 ~ 1.0 mg/L 的濃度對很多植物有毒，但在中性及鹼性毒性會減低。
鉬 (Mo)	0.01	0.05	一般水中、土中之濃度對植物不會有毒，但若牲畜吃了含高量鉬之牧草等，則對牲畜會有毒性。
硒 (Se)	0.02	0.02	在低濃度時就會對植物產生毒性，並對吃食含硒量很低之牧草亦會產生毒性。
鈮 (V)	0.1	1.0	在甚低濃度下對很多植物有毒。
鋅 (Zn)	2.0	10.0	對不同植物毒性範圍變化很大，在高 pH (6 以上) 細粒或有機土壤則毒性減低。
錫、鈦、鎢	③		為植物絕對排除，各別之濃度限值不明。
p H	4.5-9.0		一般之 pH 對植物之影響為間接的（如 pH 影響重金屬之毒性，如上述）。
糞 便 大腸菌	1000/100 ml		灌溉水小於或等於這限值對動物或人體都沒有危險性。
T D S	500-5000 mg/l		小於500 mg/L未見任何不良影響，500 ~1000mg/L 會影響敏感性和植物且需小心經營，大於 2,000 mg/L 則僅可用於高滲透性土壤中。

註：①可連續使用於各種土壤。②在細粒結構而中性或鹼性土壤使用 20 年以上。③以下諸值為建議值。

資料來源：中央營建顧問社，1992 年。

表 10 放流水、灌溉用水水質與水體水質標準比較

項 目	放 流 水 標 準	灌 溉 用 水 標 準	丁 類 水 體 水 質 標 準
水 溫	± 4	35	×
pH 值	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0
溶解氧	×	×	≥ 2.0
電導度	×	750	750
浮游生物	50~100	100	100
氯化物 (Cl)	×	175	×
硫酸鹽 (SO ₄)	×	200	×
總氮 (T-N)	×	1.0	×
清潔劑 (ABS)	10.0	5.0	×
油脂	10.0	5.0	×
吸收率 (SAR)	×	6.0	×
碳酸鈉 (RSC)	×	2.5	×
銻 (Cobalt)	×	0.05	×
銅 (Copper)	3.0	0.2	0.03
鉛 (Lead)	1.0	0.1	0.1
鋰 (Lithium)	×	2.5	×
錳 (Manganese)	10.0	2.0	0.05
汞 (Mercury)	0.005	0.005	0.002
鉍 (Molybdenum)	×	0.01	×
鎳 (Nickel)	1.0	0.5	×
硒 (Selenium)	0.5	0.02	0.05
鈳 (Vanadium)	×	10.0	×
鋅 (Zinc)	5.0	2.0	0.5
鋁 (Aluminum)	×	5.0	×
砷 (Arsenic)	0.5	1.0	0.05
鉍 (Bismuth)	×	0.5	×
硼 (Boron)	1.0	0.75	×
鎘 (Cadmium)	0.03	0.01	0.01
鉻 (Chromium)	2.0	0.1	0.05
磷酸鹽 (Phosphate)	10.0	×	×
銻 (Silver)	0.5	×	0.05
鐵 (Iron)	10.0	×	×
化學需氧量	50~100	×	×
生物需氧量	100~250	×	×
硫化物	1.0	×	×
硝酸鹽	100	×	×
亞硝酸鹽	20	×	×
氰化物	1.0	×	0.01
氟化物	15.0	×	×
酚類	2.0	×	0.001

- 1.比較：灌溉用水水質標準項目共 28 項，其中 16 項於放流水標準內有規定，惟其標準較放流水高出 0.5 至 25 倍。
- 2.有毒性物質：有 "*" 之項目對作物有毒性，其累積於作物體內，間接可危害人畜。

表 11 臺灣省灌溉用水水質標準修改建議表

項 目	長期使用限值 *	短期使用限值 **	參考資料
pH 值	6.0 ~ 9.0	5.5 ~ 9.0	A. B.
電導度 μ mho/cm 25 °C	750	1200	A. C.
懸浮固體物 mg/l	100	250	
氯化物 (Cl ⁻) mg/l	175	280	D.
硫酸鹽 (SO ₄ ²⁻) mg/l	200	300	B.
總氮量 (T-N) mg/l	1.0	10	D.
清潔劑 (ABS) mg/l	5.0	10	
油 脂 mg/l	5.0	10	A.
鋁 (Al) mg/l	5.0	20	B. D. E.
砷 (As) mg/l	1.0	2.0	B.
鉍 (Be) mg/l	0.50	0.50	B.
硼 (B) mg/l	0.75	2.0	B.
鉻 (總) (Cr) mg/l	0.10	0.50	
鎘 (Cd) mg/l	0.01	0.02	A. B. D. E.
鈷 (Co) mg/l	0.05	1.0	B. D.
銅 (Cu) mg/l	0.20	0.40	A. B.
鉛 (Pb) mg/l	0.10	1.0	A. B.
鋰 (Li) mg/l	2.5	2.5	B. D. E.
錳 (Mn) mg/l	2.0	2.0	B.
汞 (Hg) mg/l	0.005	0.005	A.
鉬 (Mo) mg/l	0.01	0.01	B. D. E.
鎳 (Ni) mg/l	0.50	0.50	B.
硒 (Se) mg/l	0.02	0.02	A. B. D. E.
鈾 (V) mg/l	10	10	
鋅 (Zn) mg/l	2.0	4.0	A. B. D.
鈉吸收率 (SAR)	6.0	6.0	
水 溫 °C	35	35	
殘餘酸鈉 (RSC) meq/l	2.5	2.5	

註：A. 中國大陸標準、B. 美國 EPA 建議標準、C. 加州地區標準、D. 沙烏地阿拉伯標準、E. 聯合國糧農組織 FAO 標準

長期使用*：可連續使用於各種土壤。

短期使用**：緊急灌溉救旱施灌水量不超過單期作總用水量之 15 %。

如表 11 所示。

五、結論與建議

1. 灌溉水污染以電導度及氮含量超過標準最為嚴重，此外重金屬之濃度在灌溉水質標準與放流水標準相差甚巨，類此皆成為水源缺乏及污染嚴重地區執行灌溉任務時之困難，亟待有關各方協商改善。
2. 臺灣省灌溉水質標準已行之多年，若堅守標準作為取舍之依據徒增困擾，經檢討建議修改，其最主要著眼點為以人為制約及管理手段，將可能之不利影響消除。
3. 臺灣省灌溉用水佔水源用水量之最大宗，故水資源主管與環保機構應有共識，以總量管制之精神，使地面水體之水質標準早日達到丁類以上標準，以維護灌溉用水之安全衛生。
4. 灌溉水質改善，並非一蹴可及，因此水利會在灌溉管理執行時，可依實際狀況採因應措施作階段性之調整，建議如下：
 - (1) 電導度低於 $750 \mu s/cm$ ，氮含量未達 $3.0mg/l$ 者，可安全施灌。
 - (2) 電導度介於 $750 \sim 1,500 \mu s/cm$ ，氮含量 $3 \sim 10mg/l$ 者，可行集約灌溉管理技術來克服，如：
 - ① 種植耐鹽或耐污染之作物或非食用作物品種。
 - ② 避免施灌於粘重之土壤。
 - ③ 開掘排水溝，加強土層滲濾排水。
 - ④ 調撥不受污染之水源，進行稀釋等。
 - (3) 電導度介於 $1,500 \sim 3,000 \mu s/cm$ ，氮含量 $10 \sim 20mg/l$ ，原則上禁止農民引水灌溉；但應宣導可能對作物減產及土質劣化之影響，並僅限於短期救急為之。

(4) 電導度達 $3,000 \mu mhos/cm$ 以上，氮含量高於 $20 mg/l$ 時，已不適於灌溉，若無法取得替代水源且長期無法改善，該區應予休耕，以恢復地力。

六、參考文獻

1. 水利局，「灌溉水質管理手冊」，1986 年。
2. 環保署，「行政院環境保護署公報」，第四卷，第 12 期，1991 年。
3. 中央營建顧問社，「高雄地區污水再利用之可行性研究計畫」，1992 年。
4. 王德榮等譯，「日本農業公害手冊」，中國環境科學出版社，1987 年。
5. 徐玉標，「臺灣灌溉水質之研究」，臺大農工系，1967 年。
6. 惠士博、雷志棟，「水資源利用與保護」，清華大學水利水電工程系，1992 年。
7. 張尊國、徐玉標、徐貴新，「灌溉水質管理策略之研究」，省環保處，1994 年。
8. 蔡明華、陳守強，「灌溉用水防止污染問題研究」，農委會，1987 年。
9. Al-Mutaz, -I.S. "Treated Wastewaters as a growing water resource for agriculture use". Desalination. Amsterdam: Elsevier Science Publisher, B. V. Nov 1989, v. 73 (1/3) p. 27-36.
10. Asano, T. and Pettygrove, G. S. "Using Reclaimed Municipal Wastewater for Irrigation", California Agriculture, 1987, 42 (3&4), p. 15-18.

收稿日期：民國 84 年 7 月 19 日
修正日期：民國 84 年 9 月 12 日
接受日期：民國 84 年 9 月 19 日