

利用主成份方法區分臺灣西部灌溉水質污染

Using Principal Component Method to Classify Irrigation Water Pollution in West Taiwan

國立臺灣大學農業工程系副教授

張 文 亮

Wen-Lian Chang

摘 要

本文以主成份分析法計算22種水質特徵，104處受污染灌溉水樣，4個豐枯水期（總共分析 $22 \times 104 \times 4 = 9152$ 項目）；並區分本省西部灌溉水質污染的種類與代表性水質特徵，作為灌溉管理依據。結果顯示最重要的水質特徵是水中電導度，其次是鈉吸着率或殘餘碳酸鈉，再其次是化學需氧量或懸浮性固形物，最後是鋅、鉻與鎳等重金屬。這分別代表本省西部灌溉水質污染主要可區分為「鹽害」、「置換性或沉澱性鈉害」、「有機質害」與「重金屬害」。在豐水期間能區分的污染種類較多。枯水期間能顯著區分之污染種類較少，因為呈混合存在而無法區分之。

ABSTRACT

By using the principal component method, 22 water properties of 104 polluted irrigation samples among four different wet and dry periods (total sample size $22 \times 104 \times 4 = 9152$) were analyzed in attempting to find out the represented pollutants for irrigation management purpose. The most important item to recognize type of pollutions is Electrical Conductivity (EC), following by Sodium Adsorption Ratio (SAR) or Residual Sodium Carbonate (RSC), Chemical Oxygen Demand (COD) or Suspended Solids (SS), heavy metals like Zn, Cr and Ni. This result shows irrigation water pollution in west Taiwan may be classified as [Salinity Hazard], [Exchangeable or Precipitated Sodium Hazard], [Organic Matter Hazard] and [Heavy Matter Hazard]. More pollution categories can be discriminated in wet-period than in dry-period, because the latter shows more mixture type of water pollution.

前 言

臺灣位處潮濕亞熱帶，年平均雨量達2000厘米以上，素有豐沛水量與良好水質供農業灌溉使用⁽¹⁾

。惟近三十年來，隨着工商業的迅速發展，大量的工廠、都市與畜牧廢水排入灌溉渠道，污染灌溉水質，進而導致土質劣化，作物減產，嚴重甚而影響人體健康。於是灌溉水質標準的訂定是維護農業水

資源品質與環境優劣評估的重要依據。

本省的農業灌溉水質標準⁽³⁾，係依美國鹽分研究所 (U. S. Salinity Laboratory 1953)⁽⁴⁾ 提出灌溉水質準則所訂定，主要的目的是以灌溉水質需維護灌溉後土壤的物理化學性態，作物營養份與滲透壓的平衡，並減少若干微量元素的毒害，為此訂定若干水質項目，如電導度 (Electrical Conductivity, EC)、鈉吸着率 (Sodium Adsorption Ratio, SAR) 等，以無機鹽類為水質特徵與分類的主要考慮。

當工廠、都市與畜牧業廢水，排入溝渠與河川時，其放流水標準是以水中有機物的多寡來評定，主要目的是維護自然水體中有足夠的溶氧，供水域行自淨作用，而將有機物逐漸分解。過多的有機物將超過水體自淨作用的負荷，使得水體呈貧氧化，需氧水生物將消失殆盡。為此所訂定的水質項目，如化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD)，懸浮性固形物 (Suspended Solids, SS) 等都是代表水質的有機特徵。

根據徐氏等⁽²⁾的調查顯示，農作物遭受污染大多是在工廠林立的灌溉區中，尤其值乾旱或枯水期間，沒有足夠灌溉水量稀釋排入之污染水。但是在灌溉水受事業放流水排入後，是否蒙受污染，在法定依據上，即因有農業灌溉水質標準與放流水標準含括項目的不同，產生認定上的困擾，進而在管理執行上常進退失據，無法落實。

水質特徵的表示本來就是複雜多面，因為同時具備有物理、化學、生物的特性。在理論上，這種特性稱為多變數 (Multivariate)。不存偏執的水質評估，理當分析所有的水質特徵，但是這在實行上是不可能的，因為不僅耗時、耗費，而且恐怕沒有一套分析方法，可以將所有的水質特徵都能檢測出。無疑的，必須從所有能檢測的項目中，篩選一些較重要的水質項目來代表，於是連帶產生的問題是：如何篩選這些項目。

主成份分析 (Principal Component Analysis, PCA) 是一種篩選多變數的統計方法。其主要的觀念，是將原來的 n 個變數 (Variable)，以變數之間的相關矩陣 (Correlation Matrix) 的特徵向量 (Eigenvector) 為係數，線性組合成 i 個新變數， $i \leq n$ ，再經最大變分旋轉 (Varimax Rotation) 的步驟，使新變數之間具較大的互相獨立性。這較少數目的新變數，來代表

原多變數。

過去主成份分析曾被廣泛的使用在以環境為對象的變數篩選與分類上，如 Ovalles 與 Collins 氏 (1988)⁽⁵⁾ 以主成份分析法來分類美國佛羅里達 (Florida) 州的土壤，在所調查的20種土壤分類特徵上，篩選出 4 個項目：總沙量、細沙量、黏土量與有機質量最具代表性。Pratsinis 等氏 (1988)⁽⁶⁾ 也以主要成份分析法區分洛杉磯 (Los Angeles) 的 Duarte 市空氣中所含碳微粒主要來自汽車引擎廢氣。Lamparczyk 等氏 (1990)⁽⁷⁾ 以主成份分析法以波羅的海 (Baltic Sea) 海水與底泥中多氯聯苯碳氫化合物含量，來區分有受工業污染與未受污染的海域。Ruiz 等氏 (1990)⁽⁸⁾ 以主成份法區分西班牙東南的 Javea Quaternary 地下含水層中的無機鹽種類，並判斷可能造成濃度偏高的原因。這些研究所探討的對象，都較不具時間變異性，但是如果使用來區分地面水，則需考慮季節性的因子，惟主成份方法在這方面的應用，較為缺乏。

本研究的目的，就是利用主成份分析，在本省豐枯水期，區分受污染之灌溉水質，並篩選主要水質特徵，以評估目前灌溉水質標準與放流水標準的適用性。

材料與方法

採樣地點為104處受不同程度與污染種類的灌溉溝渠，分佈在本省西部12個水利會灌溉區域內。採樣時期分別為民國七十九年八月初旬、十月末旬、民國八十年一月末旬與四月末旬，這分別是豐水期、枯水初期、中期與末期。

水樣於現場採取後，立即儲存於低溫冰箱中，送往實驗室，測定22個水質特徵，其名稱與分析方法如下：電導度 (Electrical Conductivity, EC)，由溶液導電計測定之；懸浮性固形物 (Suspended Solids, SS)，由 103°C 烘乾法測定之；總可溶性固形物 (Total Dissolved Solids, TDS)，由 180 °C 烘乾法測定之；化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD) 由重鉻酸鉀迴流法 (Dichromate Reflux Method) 測定之；氯化物 (Chloride, Cl⁻) 由銀量法 (Argentometric Method) 測定之；硫酸鹽 (Sulfate, SO₄⁼) 由濁度法 (Turbidimetric Method) 測定之；碳酸氫鹽 (Bicarbonate,

HCO₃⁻) 用甲基橙 (Methyl Orange) 為指示劑，0.02N H₂SO₄ 滴定測之；碳酸鹽 (Carbonate, CO₃⁻) 用酚酞 (Phenolphthalein) 為指示劑，0.02N H₂SO₄ 滴定測之；矽酸鹽 (Silicate, SiO₂) 以矽酸鉬 (Molybdosilicate) 方法測定之；銨 (Ammonium, NH₄⁺) 以納氏法 (Nesslerization Method)；另外有鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、鈉 (Na)、鉀 (K)、鎘 (Cd)、鉻 (Cr)、錳 (Mn)、鋅 (Zn)、鎳 (Ni) 與鉛 (Pb) 則以吸光光譜法 (Atomic Adsorption Spectiometric Method) 測定之。

納吸着率 (SAR) 可由計算 $SAR = Na^+ / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}$ 而得，殘餘碳酸鈉 (Residual Sodium Carbonate, RSC) 可計算自 $RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$ 。

由於各分析項目的單位不盡相同，如 EC 是 mmhos/cm，各陰陽離子的單位是 mg/l，SAR 的單位是 (meq/l)^{1/2}，RSC 的單位是 meq/l，用主成份分析來計算各變數的相關性時，恐怕因為單位的不同而產生變值性 (Heterogeneity)，可先對原先的 n 個變數 X_n，標準化成 X_n

$$X_n = \frac{\bar{X}_n - X_n}{\sigma_n} \quad (1)$$

\bar{X}_n 與 σ_n 分別為 n 變數的平均值與變異數。主成份分析將標準化變數間相關矩陣 (Correlation Matrix) 轉換成個主成份變數 (Principal Component Variables), PC_i

$$PC_i = e_{i,n} \quad (2)$$

e_{i,n} 為相關矩陣的特徵向量。Johnson 與 Wichern 氏 (1982) (9) 認為各主成份變數具有下列的關係：

1. 第一主成份, PC₁, 的特徵值, $\lambda_1 >$ 第二主成份, PC₂, 的特徵值, $\lambda_2 > \dots > \tau$ 第 i 主成份, PC_i, 的特徵值, λ_i 。
2. 兩個主成份之共變數 (Covariance) 等於 0。
3. 所有特徵向量的平方和皆等於 1。

凡特徵值大於 1 的為具有變異代表性視為可保留之主成份。

在篩選變數上，可將原變數再經正交軸最大變分旋轉 (Orthogonal Varimax Rotation)，使特徵向量轉換成因子向量，使原變數在每一主成份中

顯出較大的差異性，具有較大因子負荷量 (Factor Loading) 的變數，表示在主成份中具有較大的權重，或是有較大的相關。在同一主成份中較相關的變數，即可以其中的一個變數代表之，其他的變數則可解除之。

本研究的所有主成份運算都由統計軟體程式 STATVIEW (10) 執行之。

結果與討論

在四個調查期間，104 個採樣地點，22 種水質分析項目，各項的平均值與被發現存在水中的機率，以表(一)示之。顯示存在機率 < 2% 的祇有 CO₃ 與 Cd。前者代表大多數被污染水呈弱酸性，水中的碳酸系統以 HCO₃⁻ 為優勢。後者表示受污染灌溉水，極大多數不含 Cd。

在表(一)中存在機率 < 50% 有四月份的 Cr 與十月份的 Pb，這些項目因為存在機率偏低，不具代表性，故不放入主成份分析中與別的變數一起比較。

豐水期間水質特徵

七十九年八月份，豐水期間各水質分析結果經過主成份分析後以表(二)示之。有 7 個主成份變數其特徵值大於 1，具有 77.5% 的累積變異，足代表原 22 個變數。在第一主成份，因子負荷量 70.8 的有 EC, TDS, SAR, Na⁺, Cl⁻，這些代表第一成份的特徵是「鹽害與置換性鈉害」

COD 在第二主成份中具有較大的因子負荷量，這顯示此期間灌溉水受污染的第二顯著特徵是「過多有機質」。因為第一主成份與第二主成份係為二個獨立統計變數，所以豐水期間，無機鹽類過高的灌溉水，不一定有相對高濃度的有機質，反之亦然。這可能是有較多的水量稀釋污染質，供有機質分解，因此有機與無機污染可以用主成份分析區分之。

第三主成份主要以 Ca⁺⁺ 為主。因其負荷量為正值，顯示受外界廢水影響較大的灌溉水中，同時顯著的具有較高濃度的 Ca⁺⁺ 離子，Ca⁺⁺ 對於土壤結構與作物營養都是有利因子，故第三主成份非污染特徵，不在區分之內。因為受廢水排入的水中含有較高的 Ca⁺⁺，就可視之為有利於灌溉使用嗎？答案是否定的，因為第一主成份中已顯示受污染

表(一) 本省西部灌溉水質平均濃度與存在機率

項 目	豐 水 期		乾 旱 初 期		乾 旱 中 期		乾 旱 後 期	
	平 均 濃 度	存 在 機 率	平 均 濃 度	存 在 機 率	平 均 濃 度	存 在 機 率	平 均 濃 度	存 在 機 率
EC	812.34	100	745.44	100	781.61	100	832.60	100
SS	68.81	100	416.12	100	58.58	100	96.69	100
TDS	656.54	100	593.94	100	886.46	100	1103.49	100
COD	89.91	100	240.23	100	211.40	100	123.85	100
Cl ⁻	108.96	100	78.46	100	88.43	100	60.87	100
SO ₄ ⁻	105.32	100	108.32	100	122.89	100	115.72	100
HCO ₃ ⁻	238.98	100	285.73	100	371.05	100	388.72	100
CO ₃ ⁻	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
SiO ₂	0.77	99	0.61	100	0.50	100	1.15	100
NH ₄ ⁺	15.01	100	10.48	100	25.89	100	18.43	100
Ca ⁺⁺	61.10	100	54.05	100	70.13	100	58.86	100
Mg ⁺⁺	22.25	100	22.41	100	19.75	100	21.46	100
Na ⁺	85.94	100	56.66	100	75.50	100	149.62	100
K ⁺	10.95	100	9.99	100	11.61	100	13.55	100
Cd	0.00	1	0.00	11	0.00	6	0.00	3
Cr	0.06	68	0.04	84	0.07	55	0.01	9
Mn	0.04	100	0.39	100	0.25	100	1.41	99
Ni	0.06	71	0.13	92	0.14	89	0.07	85
Zn	0.36	83	0.58	77	0.18	99	0.20	88
Pb	0.04	62	0.02	49	0.04	62	0.04	66
SAR	2.43	100	1.75	100	2.02	100	1.47	100
RSC	0.33	100	1.05	100	1.79	100	2.31	100

註：EC 單位mmhos/cm, SAR 單位 (meq/ℓ)^{1/2}, RSC 單位 meq/ℓ,
其他項目單位ppm.

水中同時具有高濃度的 Na⁺ 離子，在高鹽份的水中，單價的鈉離子比兩價的鈣價子在土壤膠體界面，更具優勢之置換性，所以 SAR 在第一主成份中具顯著權重，證明在灌溉上仍不適用。

第四主成份以 Cr 與 Ni 為主要，顯示此成份的特徵是「重金屬害」。第五主成份以 NH₄⁺ 為主，表示具有「過多氮肥」的特徵。第六主成份以 RSC 為主要代表，表示水質可區分出「沉澱性鈉害」，這是水質中具有較高 HCO₃⁻，增加Ca⁺⁺、Mg⁺⁺ 在土壤中的沉澱，間接造成 Na⁺ 在土壤置換相間的優勢。「沉澱性鈉害」大都在土壤乾燥時產生，在豐水期間，Na⁺ 在置換相中的優勢，

主要來自在土壤水份與膠體界面之間的置換作用產生，因此「置換性鈉害」當較「沉澱性鈉害」來的重要。主成份分析的結果，亦呈相同的結果，即「置換性鈉害」為第一主成份，較第六主成份的「沉澱性鈉害」更具變異性。第七主成份，沒有任何變數的因子負荷量大於 0.8，故無法判定該成份的特徵。

由上述討論知道，本省在豐水期間，灌溉用水受廢水排入者改變水質，以主成份分析法可以區分為五個污染種類來區分水質，依重要性可分為：「鹽害與置換性鈉害」、「過多有機質害」、「重金屬害」、「過多氮肥害」與「沉澱性鈉害」五種。

表(二) 豐水期間各主成份的負荷量

項 目	主 成 份						
	1	2	3	4	5	6	7
EC	0.846	0.134	0.063	0.001	0.300	-0.104	-0.026
SS	0.203	0.384	0.029	-0.109	-0.281	-0.430	0.189
TDS	0.874	0.236	0.219	0.050	0.100	-0.088	-0.018
COD	0.137	0.888	0.044	-0.042	0.023	0.077	-0.002
Cl ⁻	0.858	0.068	0.036	0.016	0.085	-0.064	0.027
SO ₄ ⁻	0.185	0.122	0.085	-0.001	0.734	0.011	0.169
HCO ₃ ⁻	0.198	0.187	0.733	-0.154	0.297	0.344	0.167
SiO ₂	0.077	0.719	-0.116	0.073	0.231	-0.035	-0.141
NH ₄ ⁺	0.011	0.010	0.129	-0.026	0.868	0.046	-0.173
Ca ⁺⁺	0.141	-0.010	0.853	-0.010	0.142	-0.286	0.107
Mg ⁺⁺	0.510	0.142	0.427	0.048	0.109	-0.365	0.077
Na ⁺	0.954	0.209	0.049	0.011	0.036	0.063	-0.001
K ⁺	0.180	0.808	0.166	-0.046	-0.027	0.205	-0.003
Cr	0.030	0.022	-0.021	0.970	0.012	-0.019	0.035
Mn	0.122	0.133	-0.153	-0.031	0.025	-0.086	-0.754
Ni	0.092	-0.051	-0.055	0.978	-0.037	-0.007	-0.007
Zn	0.680	-0.180	0.065	0.108	-0.212	0.039	-0.028
Pb	0.379	0.195	-0.519	0.015	0.325	-0.164	0.438
SAR	0.812	0.286	-0.193	-0.026	0.068	0.324	-0.066
RSC	0.092	0.350	-0.051	-0.055	0.005	0.825	0.157
變 異 數	28.9%	11.7%	10.5%	8.4%	6.8%	6.0%	5.2%
特 徵 值	5.771	2.348	2.104	1.682	1.368	1.195	1.049

在水質檢測項目上，可分析灌溉水之 EC, COD, Ni 或 Cr, NH₄⁺, RSC 五項即可代表之。

乾旱初期的水質特徵

乾旱初期原來22個變數經主成份方法轉換後可以用7個主成份代表之(表三)。在第一主成份中，EC, HCO₃⁻, RSC, NH₄⁺與Zn具有大於0.8的因子負荷量，可知灌溉水在受廢水影響下，在乾旱初期就具有多種特徵的混合呈現，此主成份即具有鹽害、沉澱性鈉害、過多氮肥害與重金屬害的表現，這代表本省農業用水受污染，很難區分出是受那一種污染源所影響，因為在枯水期間即呈現各式的污染特徵綜合呈現在一個主成份裏。上述的污染特徵雖然多種，但是多為無機類，故可稱為「無機

性污害」。

第二主成份以 Na⁺ 與 SAR 為主要代表，這二變數都是「置換性鈉害」的特徵。這表示一進入乾旱期，「沉澱性鈉害」即比「置換性鈉害」來的顯著。

第三主成份以 Ca⁺⁺ 與 Mg⁺⁺ 為主要代表，都非導致污染危害的因子，故不以區分之。第四與第六主成份無存在有大於0.8的因子負荷量者，故也在分類上忽略之。

第五主成份的代表是 SS，與第七主成份的代表 COD，兩者皆為有機性的特徵，故可稱為「有機質害」。

因此在乾旱初期，灌溉水質受污染較呈混合性，所能用主成份法區分的種類減少，可依重要性分

表 (三) 乾 旱 初 期 各 主 成 份 的 負 荷 量
主 成 份

項 目	1	2	3	4	5	6	7
EC	0.808	0.439	0.238	0.118	-0.066	-0.016	0.216
SS	0.029	-0.033	-0.100	0.050	0.950	-0.037	0.001
TDS	0.497	0.702	0.236	-0.034	0.028	0.056	0.311
COD	0.275	0.079	0.019	-0.035	0.007	-0.039	0.874
Cl ⁻	0.748	0.503	0.021	0.019	-0.054	0.120	0.249
SO ₄ ⁻	-0.040	0.660	0.499	-0.173	0.264	0.069	0.116
HCO ₃ ⁻	0.855	0.018	0.208	0.178	0.027	-0.046	0.360
SiO ₂	0.348	0.177	0.131	0.458	-0.025	0.082	0.515
NH ₄ ⁺	0.904	0.119	-0.081	0.234	-0.098	-0.082	-0.067
Ca ⁺⁺	0.099	0.065	0.833	0.147	-0.028	-0.015	0.333
Mg ⁺⁺	0.005	0.011	0.820	0.098	-0.114	0.073	-0.162
Na ⁺	0.203	0.929	0.070	0.104	-0.081	-0.010	0.040
K ⁺	0.379	0.179	-0.051	0.685	-0.153	-0.152	0.190
Cr	-0.089	0.171	-0.143	0.136	0.058	-0.677	0.075
Mn	-0.091	-0.071	0.377	0.700	0.269	0.165	-0.182
Ni	-0.084	0.232	-0.091	0.182	0.033	0.764	0.074
Zn	0.911	0.106	0.031	-0.118	0.061	0.046	-0.001
SAR	0.142	0.920	-0.179	0.105	-0.006	-0.040	-0.032
RSC	0.913	0.034	-0.128	0.045	0.090	-0.030	0.266
變 異 數	36.9%	12.6%	10.3%	6.2%	5.9%	5.8%	5.3%
特 徵 值	7.02	2.39	1.96	1.19	1.12	1.11	1.00

為「無機性污害」、「置換性鈉害」與「有機質害」三種，在水質檢測上可以以 EC, SAR 與 SS 代表之。

乾旱中期的水質特徵

在乾旱中期原變數經過主成份運算後可用 5 個新變數來代表原來的累積變異 (表四)。第一主成份的代表因子有 EC, HCO₃⁻, RSC, NH₄⁺ 與 K⁺，這與乾旱初期的第一主成份相似，可稱為「無機性污害」。重金屬 Cr 與 Ni 在第二主成份中顯著，故為「重金屬害」。第三主成份非污染性特徵，因以 Ca⁺⁺ 與 Mg⁺⁺ 為代表。第四主成份以 Na⁺ 與 SAR 為主要，是「置換性鈉害」。第五主成份無顯著因子負荷的變數，無法區分之。

此期間，受污染之灌溉用水可區分為三類：「

無機性污害」、「重金屬害」與「置換性鈉害」，可用水質項目 EC, Cr 或 Ni, SAR 代表之。

有機質性的水質特徵在此期間不具顯著性，其原因不清楚，可待以後更仔細的調查再深入探討。

乾旱後期的水質特徵

乾旱後期的水質變異可用 5 個主成份變數代表之 (表五)。第一主成份中具有代表性的變數有 EC, TDS, COD, SO₄⁻ 與 Na⁺，這具有無機性與有機性的水質特徵，故在乾旱後期呈現「無機與有機性綜合污害」。這顯示此期間灌溉水量不足稀釋進入的廢水，以致呈現無機鹽過高的水中，也存在豐富的有機質。

第二主成份以 Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ 與 SAR 為代表，仍歸屬「置換性鈉害」類。第三主成份以 HCO₃⁻ 與

表四 乾旱中期各主成份的負荷量

項目	主成份				
	1	2	3	4	5
EC	0.810	0.056	0.305	0.348	0.221
SS	0.703	0.000	-0.044	0.013	0.338
TDS	0.349	0.046	0.135	0.661	0.045
COD	0.741	0.015	0.105	0.487	-0.095
Cl ⁻	0.376	0.141	0.308	0.594	0.284
SO ₄ ⁻	0.020	0.144	0.275	0.174	0.322
HCO ₃ ⁻	0.785	-0.153	0.341	0.301	-0.078
SiO ₂	0.485	0.064	0.266	0.490	-0.155
NH ₄ ⁺	0.909	-0.014	0.083	0.115	0.090
Ca ⁺⁺	0.256	0.004	0.818	-0.089	0.130
Mg ⁺⁺	0.120	0.021	0.891	0.179	-0.008
Na ⁺	0.227	0.022	0.075	0.886	0.140
K ⁺	0.893	-0.010	-0.062	-0.004	0.154
Cr	0.010	0.958	-0.028	-0.003	-0.101
Mn	0.083	0.095	0.414	-0.087	0.537
Ni	-0.035	0.973	0.042	0.042	0.132
Zn	-0.064	0.456	0.322	0.290	0.591
Pb	-0.107	0.055	0.057	-0.098	-0.636
SAR	0.129	-0.009	-0.203	0.890	0.080
RSC	0.823	-0.089	-0.050	0.356	-0.076
變異數	36.8%	13.6%	9.9%	8.2%	5.6%
特徵值	7.37	2.72	1.98	1.64	1.12

RSC 為主，故屬於「沉澱性鈉害」。第四主成份不具顯著因子負荷變數，不歸於分類。第五主成份以 Zn 為主要，故屬於「重金屬害」。

因此在乾旱後期，水質污染可分為四類：「無機與有機性綜合污染」、「置換性鈉害」、「沉澱性鈉害」與「重金屬害」，可用水質項目 EC, SAR, RSC 與 Zn 代表之。

結 論

- 1.本省灌溉水質分類，與豐枯水期具有密切的關係。豐水期間可以分為「鹽害與置換性鈉害」、「過多有機質害」、「重金屬害」、「過多氮肥害」與「沉澱性鈉害」五種。在枯水期間大多的污染混合，尤其在乾旱後期呈有機與無機性的混合，這對土壤與作物危害加劇。

表四 乾旱後期主成份的負荷量

項目	主成份				
	1	2	3	4	5
EC	0.932	0.147	0.240	0.059	0.082
SS	0.070	-0.012	0.128	0.726	0.026
TDS	0.904	0.195	0.280	0.074	0.111
COD	0.941	0.041	0.111	0.036	0.064
Cl ⁻	0.055	0.075	0.699	-0.069	0.489
SO ₄ ⁻	0.852	0.100	-0.125	-0.098	0.016
HCO ₃ ⁻	0.192	-0.007	0.843	0.376	-0.086
SiO ₂	0.262	0.174	0.295	-0.219	0.163
NH ₄ ⁺	0.028	0.404	0.676	-0.220	0.019
Ca ⁺⁺	0.237	0.902	-0.013	0.127	0.055
Mg ⁺⁺	0.090	0.911	0.170	0.011	0.040
Na ⁺	0.967	0.097	0.121	0.020	0.023
K ⁺	0.487	0.349	0.622	-0.129	0.083
Mn	-0.088	0.333	-0.027	0.789	0.087
Ni	0.110	0.008	-0.115	0.201	0.779
Zn	0.054	0.103	0.191	-0.093	0.815
SAR	0.158	0.950	0.046	0.125	0.070
RSC	0.129	-0.299	0.809	0.369	-0.070
變異數	34.5%	14.4%	13.4%	8.7%	7.8%
特徵值	6.21	2.59	2.42	1.56	1.41

- 2.無論枯豐水期，最顯著的灌溉水質分類仍是「鹽害」，在主成份分析上，始佔第一主成份的顯著因子，因此 EC 是灌溉水質分類的最重要特徵。
- 3.第二個重要特徵是「鈉害」，在枯豐水期皆存在於主成份間，因此 SAR 與 RSC 是灌溉水質區分的第二主要項目。
- 4.有機性污染也在灌溉水質分類上，目前灌溉水質標準未列 COD 一項，也許可以考慮加入之。

參 考 文 獻

- 1.徐玉標，民國56年，臺灣灌溉水質之研究，農工水利第二號報告。
- 2.徐玉標、黃淑美，民國67年，臺灣南部農田灌溉與排水中污染質之研究。
- 3.臺灣省水利局編印，民國75年，灌溉水質管理手冊。

4. U.S. Salinity Laboratory, 1953, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U. S. D. A. Handbook No. 60.
5. Ovalles, F. A., M. E. Collins, 1988, Variability of Northwest Florida Soils by Principal Component Analysis, Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1430-1435.
6. Pratsinis, S.E., M. D. Zeldin, E.C. Ellis, 1988, Source Resolution of the Fine Carbonaceous Aerosol by Principal Component-Stepwise Regression Analysis. Environ. Sci. Technol. 22:212-216.
7. Lamparczyk, H., R. J. Ochocka, J. Grzybowski, J. Halkiewicz, A. Radecki, 1990, Classification of Marine Environment Samples Based on Chromatographic Analysis of Hydrocarbons and Principal Component Analysis. Oil & Chemical Pollution. 6: 177-193.
8. Ruiz, F., V. Gomis, P. Blasco, 1990, Application of Factor Analysis to the Hydrogeochemical Study of a Coastal Aquifer. Journal of Hydrology, 119: 169-177.
9. Johnson, R. A., D. W. Wichern. 1982, Applied Multivariate Statistical Analysis, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.
10. Feldman, D., J. Gagnon, 1988, Statview +512. Brain Power, Inc.

謝 誌

本研究數據主要來自農業工程研究中心進行的農委會補助計畫80農建— 7.1—林—15(1)。實驗分析與現場採樣，主要由劉玉雪小姐、李寶鐘先生與吳浚霖先生所完成，特在此致表敬謝。

收稿日期：民國80年 9月18日

修正日期：民國80年 9月26日

接受日期：民國80年10月 2日

(上接第74頁)

- 89(Iib): 455-479.
16. Skarret, E., and H. M. Mathisen. 1981. Ventilation efficiency. In International Symposium on Indoor Air Pollution, Health and Energy Conservation, Amherst, Mass.
17. Therasse, R., and L. Sine. 1974. Determination d'une methode de mesurs du removal de l'air dans les batiments. Bull. Rech. Agron. Gembloux 9(2); 165-187.
18. Weinstein H., and M. P. Dudukovic. 1975. Tracer methods in the circulation. In Topics in Transport Phenomena (Ed. C. Gutfinger), p. 345. John Wiley & Sons, New York N. Y.
19. Zwietering, Th. N. 1959. The degree of mixing in continuous flow systems. Chem. Engng Sci. 11(1): 1-15.

收稿日期：民國80年10月 7日

修正日期：民國80年10月16日

接受日期：民國80年10月24日