

農藥的調配與灌溉水質：1. 酸鹼度

羅 致 述

台灣省農業藥物毒物試驗所

一、前 言

台灣省政府在67年公告灌溉用水水質標準，其限制分別為pH6.0—9.0、電導度 $750 \mu\text{mho}/\text{cm}$ (25°C)、懸浮固體物100ppm、氯化物175ppm、硫酸鹽200ppm、總氮量1.0ppm、清潔劑 (ABS) 5.0ppm、油脂5.0ppm、鋁5.0ppm、砷1.0ppm、鉍0.5ppm、硼0.75ppm、鎘0.01ppm、鉻0.1ppm、鈷0.05ppm、銅0.2ppm、鉛0.1ppm、鋰2.5ppm、錳2.0ppm、汞0.05ppm、鉬0.01ppm、鎳0.5ppm、硒0.02ppm、鈇10.0ppm、鋅2.0ppm、鈉吸著率 (SAR) 6.0ppm、殘餘碳酸鈉 (RSC) $2.5\text{meq}/\ell$ ，水溫 35°C 。

訂這些限制的目的，就在於保護作物與其他生物不受傷害。例如：(1) 電導度：電導度高表示水中鹽份含量高，因此除了生長於海邊的植物還能適應外，一般不耐鹽作物的生長就會被抑制了。(2) 鈉吸收率：鈉被土壤吸收的量愈多，使得土壤的透水性惡化，因此，含鈉較高的灌溉水進入土壤後，也使得作物的生長受到抑制。(3) 微量金屬元素：如硼，微量時對植物生長有幫助，但過量會造成植物中毒。(4) 殘餘碳酸鈉：酸性碳酸鹽過量會影響作

物根部的吸收能力。(5) 水溫：高於 35°C 則水中的魚貝類生存數目就會顯著的減少。(6) 清潔劑 (ABS)：不易分解、劣化水質。(7) 重金屬，及其他有毒物質：如在作物中殘留，食用後可能引起中毒或不適。

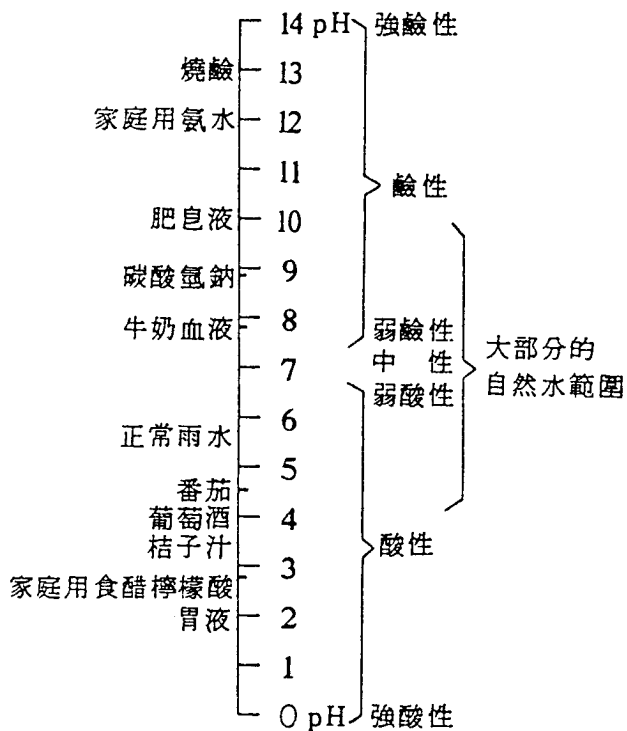
如果你所使用的灌溉水質符合標準，那就可以放心的使用了嗎？答案是：如果你只用來灌溉而不作其他用途，或許是可以放心些。但是如果你用來調配農藥，那還要注意二點：水質的酸鹼度 (pH)，及水質硬度 (CaCO_3 , ppm)。因這二點均可能使你的農藥藥效明顯的降低，或者是造成藥害，也可能在長期使用下，對農藥的噴具產生傷害。本期先就水質酸鹼度 (pH) 提出說明。

二、酸鹼度的介紹

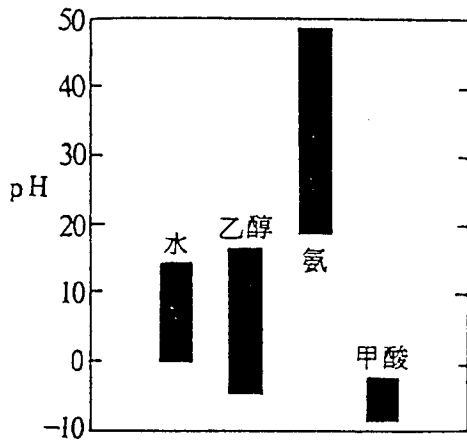
酸鹼度是什麼？在農藥的使用上代表什麼意義？首先將酸鹼度的背景說明一下。它本身並不複雜，不必將它想成太困難的事，瞭解酸鹼度就好比在我們日常生活中增加一些常識而已。它的意義就是拿來衡量一個物質在特定溶液環境下的酸度或鹼度。

在1907年，酸鹼度首先被提出，用來做為水溶液中氫離子 $[\text{H}^+]$ 與氫氧離子 $[\text{OH}^-]$ 濃度的相對比較值。其中的氫離子代表酸性濃度強度，氫氧離子濃度代表鹼性強度，全部的酸鹼度，分成0—14級 (圖一)。每一個級之間濃度相差10倍，例如酸鹼度 (pH) 2.0的酸鹼度比酸鹼度 (pH) 3.0高10倍 ($3.0 - 2.0 = 1.0$, $10^1 = 10$)；酸鹼度 (pH) 8.6的鹼強度比酸鹼度 (pH) 10.6弱100倍 ($10.6 - 8.6 = 2.0$, $10^2 = 100$)。如果其中兩種離子濃度相同，則叫做中性溶液，

此時的酸鹼值是7。如果氫離子濃度 $[H^+]$ 大於氫氧離子濃度，則酸鹼度小於7，溶液為酸性。氫離子濃度愈大，酸性也就愈強，則酸鹼值就愈小。其次我們可由圖一知道酸鹼性的大概，番茄是酸的，但是不太酸，桔子汁也是酸的，但有些人喝它時會眨眼睛，檸檬汁就更酸了。鹼性物質嚐起來則有些苦、黏、滑等。而這個酸鹼度值 (pH) 指的是以水為溶液的情況下，所得到的酸鹼度值，因整個的酸鹼值 (pH) 由0—14。如果以乙醇為溶液來衡量物質的酸鹼度時，則全部的酸鹼度值 (pH) 由-1.5至17，而不是由0—14 (圖二)。



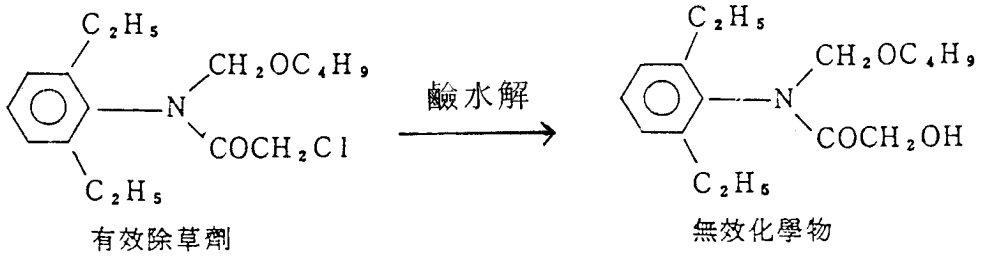
圖一、酸鹼度範圍及一些普通物質的酸鹼度 (pH值)



圖二、四種不同溶劑，其pH值範圍及相對位置

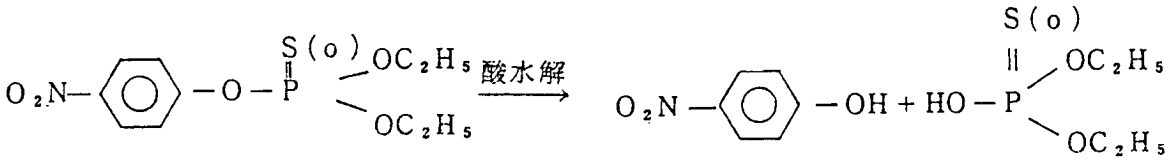
不同的水質酸鹼度，在農藥的使用上所代表的意義，可以由溶液中的氫離子與氫氧離子的行為中去認識它，在前面提及酸鹼度是溶液中氫離子濃度（酸性強度）與氫氧離子（鹼性強度）的一種相對比較值。因此，在酸性溶液中表示氫離子較多，鹼性溶液則表示氫氧離子多。在化學反應中，氫離子與氫氧離子均可做為反應的催化劑，尤其是在水溶液中，氫離子與氫氧離子均可促成化學物質的水解。

對農藥主成份而言，這些酸鹼離子均可能使有效成份分解成無生物活性之化合物，或分解出更具毒性的化合物。例如在台灣廣為使用的除草劑丁基拉草，如果在鹼性水中，其中的主要活性決定基即會很快水解，而喪失了應有的除草劑功能（圖三）。



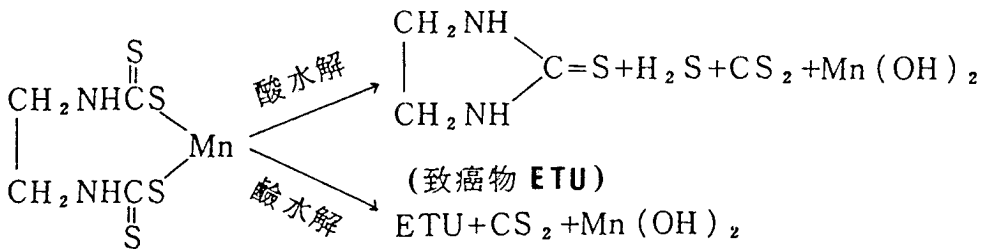
圖三、除草劑丁基拉草遇鹼性水溶液後，有效的功能基即被無效的功能基所置換。

再以巴拉松而言，在酸性水中，則也會很快地水解而喪失了好
的殺蟲效果。



圖四、殺蟲劑巴拉松在酸性水溶液中，有效成份即被分解而失去功效。

又如殺菌劑錳乃浦，如果在水質偏酸或鹼情況下，均可使得主
成份分解，而且還可能產生更毒的致癌物（2-imidazolidinethione，
或ethylenethiourea，ETU）（圖五）。



圖五、錳乃浦經水解後生成致癌物ETU之途徑。

三、水質酸鹼度對農藥有效成份安定性之影響

大多數農藥的有效成份，在水質酸鹼度（pH）由6.0到6.5之間很安定。如以酸鹼度（pH）7.0左右的灌溉水調配農藥，且配好的農藥也可在短時間內噴用完，對農藥的有效成份是不會有太大的影響。但是如果以酸鹼度（pH）8-9的灌溉水調配農藥，而且配好後經過幾個小時才去噴用或噴完，或以自動噴藥系統一次調配二天的用量，則有些農藥主成份就可能已不存在了或已分解了許多（表一）

。

表一、水中溶液酸鹼度 (pH) 對農藥主成份分解速率 (半衰期, $T^{1/2}$) 之影響

普通名稱	酸鹼度 (pH)	半衰期 ($T^{1/2}$, 50% 主成份分解所需時間)
殺蟲劑、殺線蟲劑、殺卵劑、殺蟎劑		
歐殺松	3	65天。
Acephate	9	16天。
亞烈寧	強鹼	不安定。
Allethrin		
谷速松	5	17.3天。
Azinphos-methyl	7	10天。
	9	12小時。
蘇力菌	鹼性	不安定。
<i>Bacillus thuringiensis</i>		
西脫蟎	強鹼	易分解。
Benzoximate		
加保利	6	100至150天。
Carbaryl	7	24至30天。
	8	2至3天。
	9	少於1天。
丁基加保扶	4—6	安定。
Carbofuran	6	200天。
	7	40天。
	8	5天。
	9	3.3天。
蓋普丹	4	4小時。
Captan	10	2分鐘。
培丹	酸性	安定。
Cartap	中性	水解慢。
	鹼性	立即水解。

陶斯松 Chloropyrifos	微酸 6 10 強鹼	安定。 1930天(甲醇水溶液)。 7天(甲醇水溶液)。 易水解。
賽滅寧 Cypermethrin	9 鹼性	35小時。 在鹼性液中較酸性液中易水解。
滅賜松 Demeton-S-methyl	6	7小時。
大利松 Diazinon	強酸 3.1 5 7.5 10	不安定、分解快速。 11.8小時。 31天。 185天。 6天。
二氯松 Dichlorvos	鹼性	易分解。
大克蟎 Dicofol	鹼性	易分解、不可與鹼性農藥 混合使用。
雙特松 Dicrotophos	1 9	100天(38℃)。 50天(38℃)。 在酸性液中較鹼性液安定。
大滅松 Dimethoate	2 6 9	21小時。 12小時。 48分鐘。 遇鐵質加速分解。
二硫松 Disulfoton	5 6 9 鹼性	60小時。 32小時。 7.2小時。 易水解。
多寧 Dodine	鹼性	不可與石灰、克氣苯混合 使用。
安殺番	鹼性	部份分解。

Endosulfan		
一品松 EPN	酸性，中性 6 10 鹼性	安定。 1年以上。 8.2小時。 易水解，不可與鹼性農藥 混合使用。
愛殺松 Ethion	6 酸、鹼	37.5小時。 易水解。
亞滅寧 Fastac	強鹼	易水解。
芬殺松 Fenthion	鹼性	不可與鹼性物質混合使用。
撲滅松 Fenitrothion	鹼性 (0.01N NaOH)	易水解，272分鐘(30°C)， 安定性較甲基巴拉松好(210 分鐘，30°C)。
繁福松 Fensulfotion	鹼性	不可與鹼性物質混合使用。
芬殺松 Fenthion	鹼性	不可與鹼性物質混合使用。
福化利 Fluvalinate	鹼性	不可與強鹼性物質混合。
覆滅蟎 Formetanate	5 7 9	4天。 14小時。 3小時。
馬拉松 Malathion	<5 5-7 >7	分解快速，遇鐵質加速分解。 安定。 分解快速，遇鐵質加速分解。
納乃得 Methomyl	微酸 9.1	安定。 在6小時內即有5%的分解。
甲基巴拉松	(同巴	平均水解速率較巴拉松快4.3

Methyl-parathion	拉松)	倍。
美文松	7	35天。
Mevinphos	11	1.4天。
亞素靈	5	96天。
Monocrotophos	7	66天。
	9	17天。
	鹼性	不可與鹼性物質混合使用。
乃力松	水溶液	在無水狀態下安定，遇水則易分解。如在鹼性液中，則在48小時內有90%以上之成份分解(室溫)。
Naled		
拜裕松	水溶液	易水解。
Ouinalphos		
滅多松	6	12.3小時。
Oxydemeton-methyl	鹼性	不安定。
蟎離丹	鹼性	易水解。
Oxythioquinox		
巴拉松	5	690天。
Parathion	7	120天。
	10	29小時。
	11	170分鐘。
裕必松	鹼性	迅速水解。
Phosalone		
益滅松	4.5	13天。
Phosmet	7	12小時。
	8.3	4小時。
福賜米松	<4	在24天內90%以上仍未分解。
Phosphamidon	4	74天。
	5	60天。
	7	54天。
	9	12天。
	10	2.2天。

福瑞松 Phorate	8 鹼性	2小時 (70°C) 。 易水解。
亞特松 Pirimiphos-methyl	強酸 5 7 8.5 強鹼	易水解。 7天。 35天。 12天。 易水解。
施力松 Profenofos	鹼性	易分解。
安丹 Propoxur	鹼性	不安定。
托福松 Terbufos	鹼性	易水解。
硫滅松 Thiometon	水溶液	易分解。
三落松 Triazophos	鹼性	易水解。
三氯松 Trichlorfon	5.5 6 7 8 強鹼	水解成二氯松。 3.7天。 6.4小時。 63分。 易水解。
II. 植物生長調節素		
亞拉生長素 Diaminozide	鹼性	不可和鹼性物質混合使用。
益收生長素 Ethephon	3 鹼性	非常安定。 不可與鹼性鹽類混合使用。
勃激素 Gibberellic acid	鹼性	緩慢水解，不可與鹼性物質混合。
III. 除草劑		

草脫淨 Atrazine	鹼性	水解緩慢，如與石灰混合使用，則分解快速。
理有龍 Diuron	酸性 中性 鹼性	溫度高時，水解速度較快。 安定。 溫度高時，水解速度較快。
得拉本 Dalapon	水溶液	易水解，調配後立即使用。
滅賜克 Methiocarb	強酸	不安定。
巴拉刈 Paraquat	鹼性	不安定。
草滅淨 Simazine	鹼性	水解緩慢，如與石灰混用，則分解快速。

由表一可知，調配農藥的水質還是偏酸較好。如以酸鹼度 (pH) 7.0左右的灌溉水配製農藥，而且不是馬上使用的話，還是將調配好的農藥水溶液酸鹼度 (pH) 降至6左右較好，但也不要過酸，否則會使噴具逐漸腐蝕，而且也可能對農藥主成份之安定性有不良影響。例如加保利在酸鹼度 (pH) 9時，1天內就有50%的有效的成份分解了，也就是平均每小時大概損失2% (最初的損失速率每小時通常在2%以上)；可是在酸鹼度 (pH) 7.0時，分解就很緩慢。再如大滅松在酸鹼度 (pH) 9時，48分鐘內就已有50%的有效成份被分解，而在鐵質噴藥筒內分解更快。因此使用大滅松時，不僅要避免使用含鐵質的噴藥筒，而且灌溉水質酸鹼度 (pH) 要調至6，並要調好後馬上使用，才不至損失太多的有效成份。大滅松與其他含鐵質的農藥例如鐵鋅錳乃浦、喜樂紋、丙基喜樂砷及富爾邦等

殺菌劑，或鐵質的葉肥等也要避免混合。而農藥生產公司也需注意在產製原體過程中，避免金屬的汙染。在本所歷年抽驗市售成品農藥的樣品裡，就曾發現有些成品農藥中滲雜一些金屬。進口原料但在台灣製劑的農藥生產公司，在選擇劑型時，對於在鹼性中不安定的農藥主成份也儘可能避免使用水懸液為鹼性的土壤礦物去調製粒劑或可濕性粉劑，例如伊來石 [酸鹼度 (pH) 8，水：土 = 8：1]，蛭石 [酸鹼度 (pH) 8.6，8：1]，或蒙特石 [酸鹼度 (pH) 9.8，20：1] 等。同樣的問題也可能出現在乃力松、拜裕松、覆滅蟎等其他的殺菌劑上。

四、灌溉水質酸鹼度分析與農藥調配

由以上所述，我們瞭解了酸鹼度的意義及對農藥主成份安定性的影響。那麼在台灣主要用來灌溉的水質，它們的酸鹼度是多少？此可由表二之統計表中得知。水質酸鹼度 (pH) 主要大概分佈於 6.6 至 8.0 之間 (73—84%)，而大約有 15—20% 的河川水質其酸鹼度 (pH) 分佈於 8.1 以上。水質酸鹼度 (pH) 在 8.0 以上的比例雖然不多，但是鄰近工廠廢水排放口的水源還是要注意，因排放水酸鹼度以 9.0 為上限值。因此施用蘇力菌、蓋普丹、二硫松、芬殺松、覆滅蟎、益滅松、安丹、三氯松等藥劑時要注意水質酸鹼度的控制，以免藥效不足。

雖然如此，農友們把握幾項原則來配藥及施藥，那農藥主成份分解是不必太擔心的。

(一) 配好農藥後馬上施用，儘可能在二小時內就噴完較好。

表二、台灣主要灌溉河川水質酸鹼度 (pH) 分佈百分率統計表

年 度	1983	1984	1985	1986	1987
(樣 品 數)	(293)	(293)	(282)	(287)	(362)
	%				
pH < 5.6	0.3	0.3	0	0.4	0.3
pH 5.6-6.0	0.3	0	0.4	0.7	0.3
pH 6.1-6.5	1.4	0.3	2.8	4.5	1.4
pH 6.6-7.0	17.1	14.3	13.5	11.2	13.5
pH 7.1-7.5	40.6	33.8	35.1	36.6	31.8
pH 7.5-8.0	25.9	27.3	31.9	25.4	37.0
pH 8.1-8.5	13.7	19.1	14.9	19.9	14.9
pH 8.6-9.0	0.7	4.4	1.4	1.0	0.8
pH > 9.0	0	0.3	0	0.4	0

(二). 如果一次配藥供二小時以上使用，或配好藥水後二小時以上才噴用的，則最好將水質調至酸鹼度 (pH) 6.0至7.0之間。調整酸鹼度 (pH) 的方法可以儀器或試紙進行，前者精確、昂貴，後者較粗放，但方便、便宜，因此較適合田間，本文則介紹試紙法：

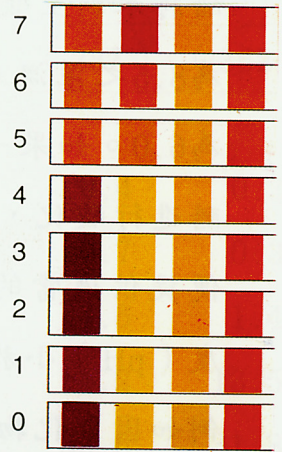
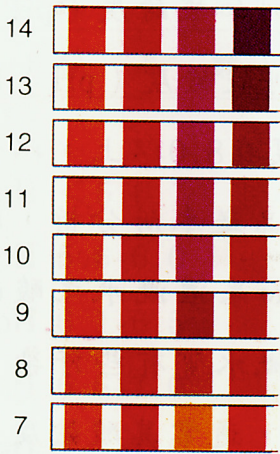
1. 先以酸鹼度 (pH) 試紙 (圖六) 測灌溉水之酸鹼度 (pH) 。
將酸鹼試紙的左端黏有4個呈色帶的部份，全部浸入水溶液中，2秒鐘後取出，然後與比色卡上的顏色對照，選出四種顏色相同 (或相似) 的酸鹼值為水溶液的酸鹼度 (pH) 。此種酸鹼試紙很便宜，一盒可供許多次使用，一般的化學材料公司

均有售。如酸鹼度 (pH) 超過7.0以上，則可以家庭用的食醋將水調至酸鹼度 (pH) 6.0至7.0之間。例如酸鹼度 (pH) 為8.5之灌溉水16升，加醋酸16毫升後，則酸鹼度 (pH) 降為6.0。如果一次調配200升，而水質酸鹼度在8.0以上，以食醋進行酸化，覺得成本較高時，可檢附樣品送本所分析，以便提供適當的酸化劑 (Acidifier) 供用。如果灌溉水之酸鹼度 (pH) 小於5.6，此種情況較特殊，大概水質有些汙染，例如因氮化物、硫化物汙染而造成的酸雨，通常其酸鹼度 (pH) 低於5.6。雖可以家庭用的氨水，將酸鹼度 (pH) 調至6.0至7.0間，但此種方式，僅對在藥筒內之水質改善有效。如水質中又含有其他酸性汙染物質，很可能在隨後的使用中對作物或環境造成傷害。因此最好還是請相關單位調查一下原因。

2. 調酸鹼度 (pH) 時，醋不可一次用大量，最好逐次加入，每加入一次，就以竹枝或木棒攪拌溶液，然後再以試紙比對酸鹼值，如此重覆，直到適合的酸鹼度顏色出現為止。
3. 然後將適量的成品農藥加至酸鹼度值已調整好的水液中混合。一般而言，酸鹼值為6.1至7.0時，通常是混好即用，而且調配量儘可能於1—2小時中噴完者。如酸鹼度值調至3.5至6.0時，則短期內噴完 (12至24小時) 者，藥效大都還可接受。



(1)pH試紙，黏有四個呈帶。



(2)鹼度 (pH 7 至 14) 比色卡。

(3)酸度 (pH 0 至 7) 比色卡。

圖六、酸鹼 (pH) 試紙及酸鹼度顏色之比對。

五、結論：

混合後的農藥溶液，儘可能及早施用。時間延誤愈久，藥效愈可能減少。農藥溶液的量儘可能與需要量差不多。不足或過多，也不好。

至於農藥本身的酸鹼性雖然也有些意義，不過祇要依著前面的原則去配藥，則農藥本身的酸鹼性是不必要去憂慮的。但是如果以混合農藥的方式來進行病蟲草害的防治，則需注意藥劑本身的相互作用，以免藥效降低或發生藥害；或者是水質中成份與其中某一種成品農藥配方發生作用而影響另一種成品農藥品質特性等問題，所以最好還是不要自己任意調配混合農藥。