

# 利用比重計測定溶性鹽總量

沈瑞士\*

## 一、方法介紹

地下水和土壤中可溶性鹽總量的測定，是了解土壤和改良鹽土的一個不可缺少的手段。目前在這方面一般採用的方法有烘干法和電阻法，但這二個方法只適合於條件較好的試驗室，不宜普遍推廣，如重量法，它需要很多儀器設備，操作手續較複雜，速度慢，成本高。電阻法測定速度雖比較快，但結果也不够令人滿意。

比重計測定法是我們在解放思想，打破常規，大躍進的形勢下採用的，它的結果雖沒有重量法精確（見表2）；但它具有成本低，體積小、攜帶方便，室內外（田間）都能使用，操作手續簡單、迅速，一般同志都能較快地掌握測定，使我們能及時地了解地下水、灌溉水、排出水或土壤中的鹽分含量及其變化等優點，所以它適宜在農業生產合作社、水利土壤改良試驗站、土壤調查隊的採用。下面將我們取得的一點初步資料寫出來，以供大家參考和指正。

## 二、比重計的原理及其設計

比重計的原理與雞蛋在淡水中往下沉和在鹽水中浮在上面的原理是一樣的。物體浸在液體里受到一定的浮力，而浮力的大小是等於該物體所排開的液體的重量。鹽水的重量大於與它同體積的淡水，也就是說鹽水的比重比淡水的比重大。物體在比重大的液體中所受到的浮力，就要較在比重小的液體中所受到的浮力大。但溶液的比重是決定於溶液中含鹽分的數量。鹽分含量不同，它的比重也就不同，因此利用比重計，測出溶液的比重，根據其比重，就能計算出溶液中鹽分的含量。

比重計的重量是等於它所排開的液體的重量。所以，以  $g$  表示溶液比重，所得公式：

$$g = \frac{P}{V}$$

$P$ ——比重計的重量(克)

$V$ ——比重計排開該液體的體積(毫升)

用同一比重計分別浸在不同比重的溶液中，則液體比重愈大，比重計排開溶液的體積就愈少，比重計相對上升；反之則下沉(圖1)。

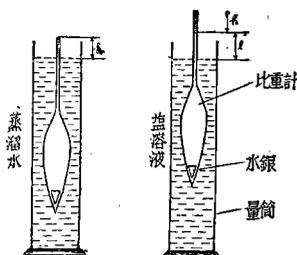


圖1 不同的溶液比重對比重計升降的影響

鹽溶液的比重較蒸餾水大，所以比重計在鹽溶液中上升體積  $v$ ，按公式表示如下：

$$\text{蒸餾水的比重}(4^{\circ}\text{C}) \quad \frac{P}{V} = 1 \quad (1)$$

$$\text{鹽溶液的比重}(4^{\circ}\text{C}) \quad \frac{P}{V-v} = g \quad (2)$$

由(1)式和(2)式可得

$$v = \frac{V \cdot g - V}{g}$$

體積  $v = \pi \cdot r^2 \cdot l$

$$\text{所以} \quad l = \frac{V \cdot g - V}{\pi \cdot r^2 \cdot g}$$

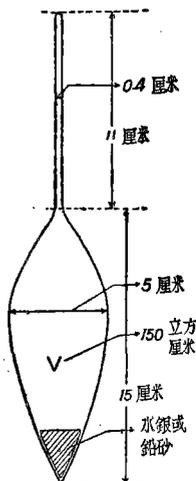


圖2 鹽分比重計I號設計規格

$l$ ——比重計在鹽溶液中和在蒸餾水中柄杆長度的差數(厘米)  
 $V$ ——比重計浮泡的體積(立方厘米)  
 $g$ ——鹽溶液的比重  
 $r$ ——比重計柄杆的半徑(厘米)  
 $\pi$ ——3.1416  
 $l$ 值的大小就是表示該比重計的靈敏度。由公式可看出  $l$  或比重計的靈敏度與柄杆的粗細  $r$  成反比，與浮泡體積的大小  $V$  成正比，但柄杆太細，容易折斷；浮泡體積太大，則不方便，所以實際設計時應全面考

\* 本文在試驗過程及材料整理過程中，承熊毅教授、夏家洪同志的指導，特此致謝。

慮。根據我們的經驗，認為  $r=0.2$  厘米， $V=150$  立方厘米左右的流綫型比重計是比較合適的(圖 2)。

比重計的原料，可用普通玻璃、有機玻璃或塑膠做成。採用有機玻璃或塑膠的優點是不易打破，更適合於野外和農村使用。

### 三、溫度和鹽分組成對比重計測定的影響

從圖 3 說明溫度對溶液比重的影響是很大的，如在  $27^{\circ}\text{C}$  用“鹽分比重計 I 號”測定為 3 克/升的某溶液，在  $28^{\circ}\text{C}$  時測定為 2.55 克/升，在  $26^{\circ}\text{C}$  時測定為 3.45 克/升。在其他溫度下測定，也可依此類推。在蒸餾水中的變化，則稍有不同。

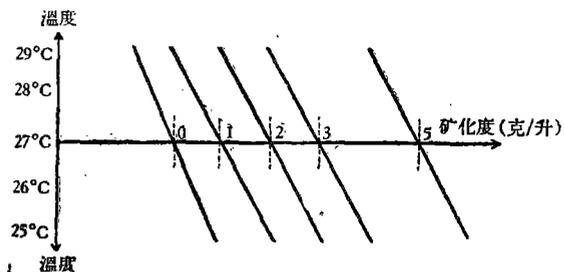


圖 3 溫度與溶液比重的關係  
(以純 NaCl 和  $27^{\circ}\text{C}$  為標準)

從圖 4 說明溶液鹽分組成不同對比重計測定也有很大的影響，因為不同鹽分，它的比重是不同的(表 1)。所以由不同鹽分組成的溶液濃度(克/升)，它們的比重也就不同，如  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 。礦化度愈大，比重差也愈懸殊，但關於這方面的工作，我們做得很不夠，希望各地區在測定前抽出少量標本作對照，以校正比重計對每差 1 克/升的溶液讀數的差數。

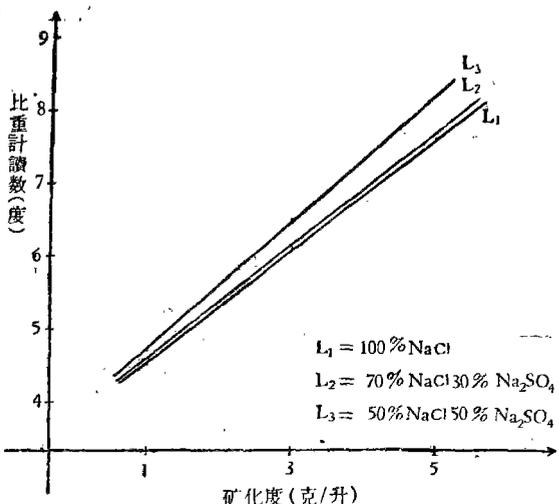


圖 4 鹽分組成與比重計測定礦化度的關係  
(溫度為  $27^{\circ}\text{C}$ )

表 1 溶液鹽分組成不同與比重的關係  
(以  $20^{\circ}\text{C}$  為標準)

鹽分種類	溶液濃度 (%)	溶液比重	鹽分種類	溶液濃度 (%)	溶液比重
NaCl	1	1.0053	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	1.0073
NaCl	2	1.0125	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2	1.0164
NaCl	4	1.0268	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4	1.0348
NaCl	6	1.0413	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6	1.0535

此外，除了溫度和鹽分組成有影響外，其他如溶液是否混濁，比重計表面是否清潔，都會不同程度的影響測定的結果。

### 四、比重計測定的儀器準備

(1) 比重計：一個或測定不同比重範圍的數個都可以。但這種比重計不是一般市售的比重計，因一般市售比重計的靈敏度很小，測定結果誤差就很大。所以有條件的單位應參考前面所提到的比重計設計方案進行自制。中國科學院土壤肥力計劃在最近生產一批這樣規格的比重計(鹽分比重計 I 號)。

(2) 容器：容器最好是圓筒形的，二個或者很多個。它的內徑應大於 6.5 厘米，高應超過 26 厘米，所需材料可用玻璃、鉛皮、竹筒，以採用市售玻璃質 1,000 毫升量筒較適宜。

(3) 溫度計：市售普通的  $100^{\circ}\text{C}$  溫度計一支。

### 五、測定步驟

把準備好的試液(如地下水、灌、排渠道水或土壤浸提液)約 600—1,000 毫升放入已準備好的容器內<sup>1)</sup>，先用溫度計正確的測出該試液的溫度<sup>2)</sup>，然後把比重計輕輕的放入試液內，待穩定後仔細地記下比重計與液面交叉處的刻度讀數<sup>3)</sup>。這樣操作應重復一次。

結果計算：

$$\text{克/升} = \frac{R + (C_2 - C_1)P}{A}$$

$R$ ——比重計在某試液中的刻度讀數。

$A$ ——溶液濃度每差 1 克/升的比重計刻度讀數之差(厘米)<sup>4)</sup>。

- 1) 試液在容器內的高度一般應大於比重計的高度，但如鹽分含量很多，試液的量可適當減少。
- 2) 在同一時間內，測定不同試液的溫度。它的溫度差不宜太大，否則要影響比重計浮泡的體積，也就影響了結果的精確性。
- 3) 此刻度是指眼睛在水平方向看彎液面上端的刻度。
- 4) 如用比重計為“鹽分比重計 I 號”，建議在華北沿海地區測地下水時， $A$  可用 0.85 厘米；如在寧夏地區測土壤時， $A$  可用 0.85—0.9 厘米。

$P$ ——溶液溫度每差  $1^{\circ}\text{C}$ ，比重計刻度讀數之差（厘米）<sup>1</sup>。

$C_1$ ——比重計在蒸餾水中刻度讀數為 0 刻度時的溫度。

$C_2$ ——測定時試液的溫度。

### 六、關於比重計法測 結果的討論

從上面測定結果的比較來看：應用比重計測定的誤差，一般都小於 0.5 克/升，而且多數還小於 0.1 克/升。鹽分含量愈大，誤差百分數愈小，若鹽分含量小，誤差百分數就顯得大，如（水-7）它的誤差數小於 0.1 克/升，但誤差百分數為 20%。當然誤差的範圍是由分析的目的性來決定的，但我們建議利用比重計法，測定地下水礦化度應大於 0.25 克/升，土壤含鹽量應大於 0.15%，較為合適。

1) 如用比重計為“鹽分比重計 I 號”，則  $P$  可用 0.37 厘米。

表 2 比重計測定法與重量法結果比較表\*

編 號	重量法	比重計法	誤 差 數
水-1	8.230克/升	7.83 克/升	-0.400
水-2	7.006克/升	7.05 克/升	+0.044
水-3	2.981克/升	3.18 克/升	+0.096
水-4	0.310克/升	0.35 克/升	+0.040
水-5	1.460克/升	1.47 克/升	+0.010
水-6	1.316克/升	1.63 克/升	+0.324
水-7	0.270克/升	0.33 克/升	+0.060
土-8	3.013%	3.23%	+0.217
土-9	2.584%	2.55%	-0.034
土-10	2.534%	2.66%	+0.126
土-11	2.178%	2.22%	+0.042
土-12	2.093%	2.16%	+0.067
土-13	2.170%	2.22%	+0.050
土-14	1.575%	1.56%	-0.015
土-15	1.271%	1.63%	+0.359
土-16	3.348%	3.40%	+0.052
土-17	7.166%	6.11%	-1.056

\* 重量法結果系徐銀華同志測定。



## 氮 肥

**碳酸氫銨**——是一種礆性化學肥料，為白色結晶體，潮解性強，易溶於水，含氮量約 17% 左右，在溫高和潮濕的空氣中容易分解成碳酸氣和氨氣而揮發，所以，一定要嚴密包裝。可作基肥和追肥，施後應即復土。

**氨水**——是一種礆性無色液體，含氮量約 11% 左右。煅焦副產的氨水稍帶黃色，有臭味，用作追肥較好。使用前宜用水稀釋後再施用，施後宜復土。

**硫銨**——又叫肥田粉，為白色結晶，由於含有雜質有時亦有雜色。一般含氮量在 20% 左右，是一種礆性肥料。由於肥效快，一般用作追肥，亦可用來拌種。硫銨不可與礆性肥料如石灰、草木灰等混合施用，以免氮素損失。

**硝酸銨**——白色結晶，亦有略帶黃色顆粒狀的，也有粉狀的，一般含氮量在 34% 左右。純是氮素肥料，氮態氮和硝態氮各佔一半，是一種中性肥料，硝態氮施入土中易流失，一般用作追肥，若用作基肥宜與堆肥、厩肥混合施用。硝酸銨含氮量比碳酸銨高，施用量應比硫銨少些。硝酸銨有助燃性，遇高溫高壓可能引起爆炸，宜注意。硝酸銨因肥分易流失，所以不宜在水稻田施用。硝酸銨不能與石灰、草木灰等混合，以免氮素損失。

**氯化銨**——是一種白色結晶體，含氮量為 25% 左右，一般都施用於水稻、小麥、棉花等作物；如對白薯、土豆、甘蔗、甜菜等作物施用，氯化銨會降低澱粉和糖分的含量；施用於菸葉會影響菸葉的燃燒性和煙味；對大蔥、甘藍亦有不良影響；且亦不宜於礆性肥料混合施用。

## 磷 肥

**過磷酸石灰**（又稱過磷酸鈣）——灰白色粉末，它的成分為磷酸一鈣  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ 、硫酸鈣

（ $\text{CaSO}_4$ ）及少量的雜質鐵、鋁、矽的化合物。磷酸含量為 15—20%，易溶於水，是一種速效的磷肥，可作追肥，若作基肥時可以和泥炭、堆肥等混合施用。

**骨粉**——有脫脂骨粉、蒸制骨粉和生骨粉三種。一般脫脂骨粉含磷 26—27%，含氮 0.9—1.3%；蒸制骨粉含磷 19—22.4%，含氮 2.7—4.6%；生骨粉含磷 15—16%，含氮 3—4%。都是遲效性肥料，以作基肥較好。

**磷礦粉**——是一種含磷礦物，主要成分是磷酸三鈣（ $\text{Ca}_3\text{PO}_4$ ），此外還含有鐵、鎂、鋁等元素。難溶於水，而溶於酸。含磷量高低不等，一般為 30—40%，亦有 10% 的，是一種遲效性肥料，在礆性土中施用效果較顯著，以作基肥為好。

**湯姆斯磷肥**——是生鐵煉鋼時副產物，含磷 15% 左右，是一種礆性肥料，不溶於水，溶於弱酸，施用在礆性土中效果較好。目前各地大搞土法煉鋼，收集爐渣，利用廢品作為肥料，可以考慮。

## 鉀 肥

**硫酸鉀**——是一種白色結晶體，亦有灰白、灰黑色的。含鉀量在 48% 左右，易溶於水。用作基肥或追肥均可。施用於塊莖作物如土豆、白薯可提高其澱粉含量，對甜菜、甘蔗等作物施用，可提高糖分含量。

**氯化鉀**——是一種白色結晶粉末，間有黃色，含鉀量為 50—60%，能溶於水，是速效性肥料，是一種生理礆性肥料，氮元素對一般作物影響不大，對烟草會降低燃燒性能；另外對塊莖作物甘薯、土豆會降低澱粉含量。主要用作基肥。砂性土最好混合堆肥、厩肥施用，防止養分流失。

**草木灰**——是植株燃燒後的殘渣，肥分含量的高低視原料、燃燒程度而有所不同。一般木灰中含鈣 30% 左右，氯化鉀 10% 左右，磷酸 4% 左右；藁灰中含氯化鉀 5% 左右，磷酸 1—2%，鈣 2.0%。草木灰的鉀主要以碳酸鉀形態，其次為氯化鉀、硫酸鉀形態存在。草木灰中的鉀 90% 是水溶性；是一種礆性肥料，可用作基肥和追肥，不宜與硫銨、人糞尿等混合施用，以免氮素損失；也不宜與過磷酸鈣混合施用。