

配合噴灌系統噴施肥料之裝置及施肥方法研究

Studies on Application of Fertilizers through Sprinkler Systems

農復會水利組副工程師

蔡 明 華

Abstract

By applying fertilizers through sprinkler system there is a great saving of labor as both the irrigation and fertilizing can be accomplished in one operation. The fertilizer is applied evenly throughout the area to be covered and the fertilizer can be placed to any desired depth without danger of leaching. The fact that the fertilizer is in solution or liquid form means that it is immediately available for plant use. All of these factors combined means a saving in both labor and fertilizer.

In this paper, writer studied and introduced the equipments for fertilizer application and methods of fertilization for reference of promotion of multiple purpose sprinkler System in Taiwan.

一、前 言

噴洒灌溉系統在本省之應用推廣，近年來日益普遍。現已完成灌溉設施及即將完成之灌區面積約近 2,000 公頃，使用範圍包括砂丘地、山坡地、果園、蔬菜園、茶園、蔗園等旱作物之灌溉。

噴洒灌溉方法有許多特性均優於地表灌溉方法，惟因噴洒灌溉設備費較高，因此如何充分運用噴灌系統設備是設計者及使用者所應考慮之問題。

噴洒灌溉系統設備之利用除了主要用於作物灌溉外，尚可用於噴施肥料，此可節省勞力及降低施肥成本，在國外已被倡用。但在本省因尚未有自製之自動施肥裝置，而由國外購入者價甚高昂，加之噴洒系統之應用乃最近幾年來才較受重視，故配合噴洒灌溉系統噴施肥料尚未被普遍使用。本省農業勞力今後將日漸缺乏，如何研究發展減少勞力之栽培技術，為現代農業重要課題之一。在國外已有多次試驗證實，配合噴灌系統噴施肥料技術，有其經濟價值。臺灣肥料公司近年來曾試製數種適合作物需要之液體肥料，如 12-9-9, 15-5-10 等液肥，初步試用結果認為肥效甚佳，此種液體肥料之發展，更便利配合噴灌系統之施用。

因此，本省現今之灌溉發展，除了積極推廣噴洒灌溉系統以解決灌溉問題外，對於考慮如何配合噴灌系統施肥技術之研究，亦為重要之課題。

二、配合噴灌系統噴施肥料之特性

配合噴灌系統施肥，一般有下列之優點：

1. 可以節省田間施肥的許多勞力，降低生產成本。
2. 肥料之施於田間，係以溶液狀態噴施，一般而言，液態肥料較粉狀，粒狀者易被作物吸收利用，有效性較佳。
3. 肥料之施入至根系土層可以由灌溉水加以控制，肥料能均勻地以時間及量加以調節，使適合作物之所需。同時，肥料能有效地適量控制施入，淋失機會較少，相對地說，可以減少肥料用量，減低肥料成本。
4. 施肥方法每次噴施肥料用量較普通施肥方法為少，通常是將全生長期所需肥料用量分成較多次數噴施。例如作物全生長期需要 160 磅/畝之氮素，可以將之分成十次，每次 16 磅噴施，較以普通方法如以 120 磅於基肥施入，而以 40 磅於生長期中再以追肥

施入者為佳，如此施肥方法已被多次證實，產量及品質均可大大地提高。因重施肥料有面臨被大雨淋洗流失至低於根系範圍以下之危險，這些肥料對作物將變成無效，尤其在滲透性良好之多雨地區最為明顯。

5. 噴灌施肥，植物可由葉部吸收部分肥料，肥效快。

雖然配合噴灌系統施肥有上述之優點，但在使用的時候，仍應注意下列幾項限制因子，以免造成不良之後果。

1. 噴灌系統之設計必須適當，須能使灌溉水之分布得到均勻，否則對水分分布不均之噴灌系統設計，將同樣造成肥料之不均勻施用。

2. 可能引起無水氨或自由氨流失於空氣中之噴灌。

3. 肥料濃度不當，過濃之肥料將可能引起損害作物綠色之葉片或嫩莖幼芽，故應選擇適當之施肥濃度及注意安全施用濃度標準。

4. 肥料之某些化學成分可能引起浸蝕或腐蝕噴灌系統材料者，施用時應避免。

5. 肥料之某些化學成分可能與灌溉水中鹽類起反應，造成導致堵塞噴嘴。

6. 將肥料注入系統前，對於可能發生之化學反應，需接受化學藥劑提供者之指示勸告，以免發生危險。

7. 當風太大時，不宜實施噴灌施肥。

配合噴灌系統噴施肥料，既有如上述之多項優點及使用限制，為求發揮其優點而避免其可能發生之缺點，對於施肥設備之應用操作須加以認識研究，方能獲致更大的經濟利用價值。本文即以此為目標。

三、肥料施入設備及其操作方法

如噴灌系統之抽水機是採用離心式 (Centrifugal pump)，則其肥料施入設備甚為簡單。以開口之筒作為肥料供給筒，將筒底用一條管子直接連通至抽水機之吸水段 (Suction side) 作為出口。另在抽水機之送水段 (Discharge side) 用另一條管子連通至肥料筒作為進口 (Inlet)。吸水段與送水段至肥料筒間均分別按裝一閥門，作為調節控制肥料濃度之用。(如圖 1)

此為由水源加入肥料之應用方法，其噴施區域為該抽水機所轄噴灌區。其操作方法係將所欲噴施之計劃肥料用量置入於筒中，水由抽水機之送水段連接管引入筒內與肥料混合，當混合濃度達所需之條件時，

即將筒下方之出口閥門打開，使肥料溶液至吸水段，肥料溶液之流出速率可由出口之控制閥門調節。

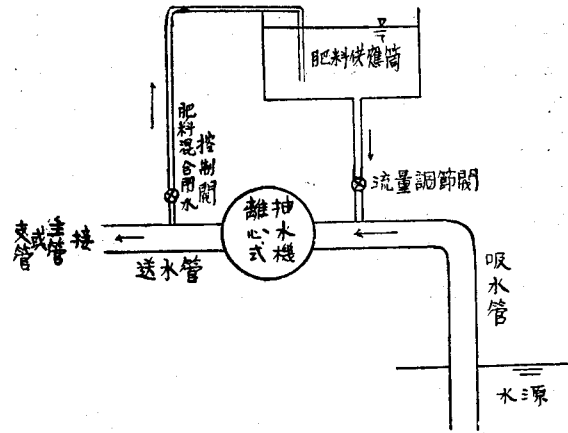


圖 1. 吸入式肥料注入裝置系統

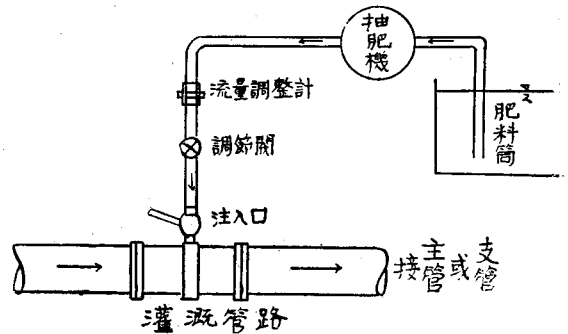


圖 2. 壓入式肥料注入裝置系統

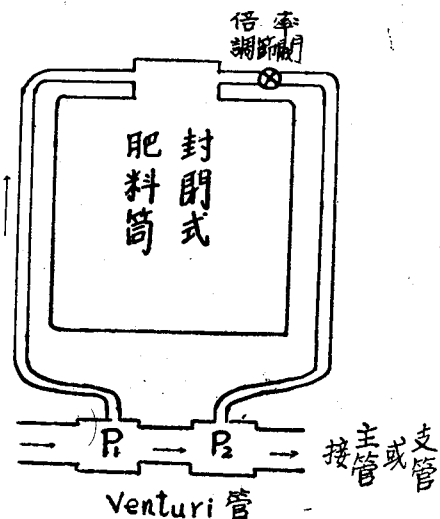


圖 3. 利用 Venturi 原理自動注入式裝置系統 ($P_1 > P_2$)

如果抽水機是透平式 (Turbine type)，肥料注入設備則較為複雜。最普通的方法，即利用另一能具有產生較灌溉系統壓力為高之抽肥機 (Fertilizer pump)，抽肥機將肥料溶液壓入灌溉管路系統 (如圖 2)。這種抽肥機可由電動馬達或內燃機引擎或水力馬達所傳動。抽肥機可用高壓離心式抽水機，也可使用活塞或齒輪正推進式抽水機。如施入肥料量很少或須非常精密控制，則抽肥機須採用計器抽水機 (Metering pump)。

另外一種方法即所謂萬州里注入法 (Venturi injection method)。此種方法設備包含一封閉之肥

料混合筒及在灌溉管線上之萬州里管。肥料係在密閉之筒內混合，灌溉系統之水及壓力由筒之進口流入，而混合後之肥料溶液由出口流出注入於灌溉管路。其肥料之注入原理係應用管路中之萬州里管段所引起筒之進出口壓力差所達成 (如圖 3)。此方法之應用最為理想，因其肥料施入裝置可以任意連接在抽水機與噴洒支管間，可以連接在主管使用，也可連接於支管單獨使用。

茲將上述三種不同肥料施入裝置列表比較如表 1。

表 1 三種肥料施入方式比較

比較項目 肥料施入方式	肥料混入地	裝置費用	施用區域	肥料施入原理	使用情形
吸入式	抽水機	便宜	抽水機系統轄灌區域	利用原灌溉抽水機抽入	固定式，灌區須集團栽培較有利
壓入式	主管至支管線	較貴	注入地點以後管線轄灌區域	利用高壓抽水機將肥料溶液抽出壓入灌溉管路	可為移動式或固定式適應範圍較廣
Venturi 注入法	主管至支管線	便宜	注入地點以後管線轄灌區域	利用 Venturi 管所引起之壓力差使密閉筒肥料水流入管路	一次肥料用量受筒容量限制。移動方便，適於小區域噴施。

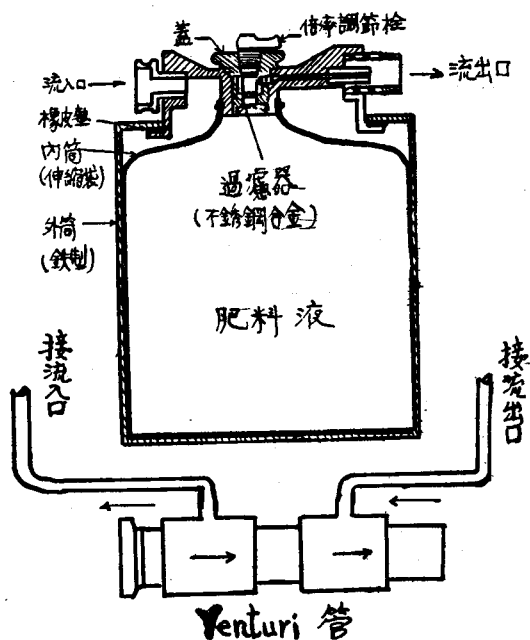


圖 4. MP 液肥筒構造圖

日本奧立岡農機株式會社製造之 MP (Mixer Proportioner) 液體肥料混合器，亦係利用 Venturi injection method。其封閉的肥料筒構造如圖

4。筒內為一極薄之伸縮袋，袋內裝入所欲施加之液肥原液。外筒為鐵製之封閉筒，外筒與內筒間之空間則為水充滿，由於作為內筒之伸縮袋其伸縮性甚佳，流入筒內之水能藉著水之壓縮作用將原液擠壓出來。伸縮袋愈薄，混合器性能愈高，反之則不然。MP 流水量之大小及比例，不受壓力及流水量之多寡左右，MP 之出水口是一定的，其混合倍率可由分流器之指示器來指示倍率。液體是否混合，由出口之透明塑膠管可以看出，如果液體無色不易看出，可將要混合之液體加上幾滴紅色墨水，即可看出。該 MP 液體肥料混合器適於支管之施用。構造雖似簡單，但在本省之售價却甚貴，容量 19ℓ 者售價即達 14,000 左右。如於本省自製，價格約僅其 1/3，但目前因內筒所用之伸縮袋材料難找到理想者。

筆者在崎頂砂丘地灌溉實驗站為配合噴灌系統噴洒支管之施入液體肥料噴灌應用，曾設計一簡易之自動液肥混入裝置。其裝置構造如圖 5。液肥筒為可封閉之鐵筒，容積 54.4ℓ。其容積足夠一組噴洒支管一次灌溉面積之施用 (一次灌溉面積 0.2ha)，不必灌溉時再次補充，而其整個裝置費用僅約 2,500-3,000 元，較國外購入者便宜甚多。

該自動液肥混入裝置之施肥原理，係利用液肥筒

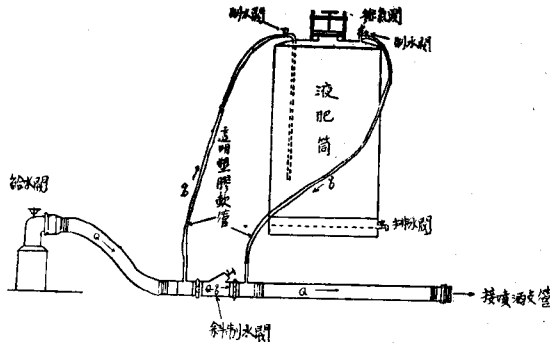


圖 5. 簡易自動液肥混入裝置

盛貯液體肥料，以二條塑膠管分別與灌澆支管相連接，連接前端者為灌澆水進入液肥筒內之通道，連接後端者為經稀釋後之液肥輸送入灌澆支管與灌澆水混合稀釋之通道，在兩者之間，設有制水閥，此制水閥為主要控制及調節灌澆水與液肥稀釋比例之閥門，當制水閥向關方向轉時，則使制水閥前後之水壓差增大，而使灌澆水部分經由前端之塑膠管而進入液肥筒，擠壓並與液肥筒內之液肥擴散混合，而被擠壓之連續水流則由後端之塑膠管輸出，此時輸出之灌澆水已含有液肥。此含有液肥之灌澆水導入支管再與清潔之灌澆水擴散混合，而後輸送噴施於田面。制水閥之開度愈大，則經由液肥筒之部份流量愈大，由是可以制水閥之開關情形來控制調節液肥稀釋情形。效舉有關制水閥開關與液肥稀釋關係計算及試驗如下述。

設液肥筒之總容積為 V (升)，肥料筒內最初肥料濃度為 C_0 ，灌澆之含肥料濃度為 C_w (設清潔灌澆水以 0% 表示)，由給水閥輸送入支管之灌澆水全部流量為 Q (升/分)，因制水閥之操作而經由液肥筒之部份流量為 q (升/分)，則經由制水閥處之灌澆水流量為 $Q-q$ 。

設開始時液肥筒內裝滿肥料原液，當流經液肥筒之部份流量 q 流入時，在短時間之 Δt 內，流入之體積應為 $q \times \Delta t$ ，在此際，液肥筒之出口處因水之連續輸送，也有 $q \times \Delta t$ 之液肥被壓流出液肥筒而導入支管與灌澆水混合，這些剛離液肥筒之肥料濃度為 C_0 。(事實上，當 $q \times \Delta t$ 體積之灌澆水進入液肥筒內，若 Δt 稍大，即可能產生稀釋變化，而流出之濃度或略小於 C_0) 而在肥料筒內設因流入灌澆水之擴散稀釋作用，而使留在液肥筒之濃度變化成 C_1 ，則 C_1 之計算為

$$C_1 = \frac{q \times \Delta t \times C_w + (V - q \times \Delta t) \times C_0}{V} \dots\dots (1)$$

設 $C_w = 0\%$ 計算時，(1)式可簡化成

$$C_1 = \frac{(V - q \times \Delta t) C_0}{V} \dots\dots (2)$$

設 Δt 以 1 分鐘為單位時，則 1 分鐘後留在筒內之肥料濃度為

$$C_1 = \frac{(V - q) C_0}{V} \dots\dots (3)$$

當 2 分鐘後，留在筒內之肥料濃度為

$$C_2 = \frac{(V - q) C_1}{V} = \left(\frac{V - q}{V} \right) \left(\frac{V - q}{V} \right) C_0 \dots\dots (4)$$

$$C_2 = \left(\frac{V - q}{V} \right)^2 C_0 \dots\dots (5)$$

同理，當 t 分鐘後，留在筒內之肥料濃度為

$$C_t = \left(\frac{V - q}{V} \right)^t C_0 \dots\dots (6)$$

亦即 C_t 與 $\left(\frac{V - q}{V} \right)^t$ 成正變化，即 C_t 與 t 在半對數紙上呈直線變化關係，而斜率為 $\log\left(\frac{V - q}{V}\right)$ ，其方程式為

$$\log C_t = t \log\left(\frac{V - q}{V}\right) + \log C_0 \dots\dots (7)$$

設實際由噴嘴噴洒在田面之肥料濃度 C_r ，開始時濃度 C_{r0} 為

$$C_{r0} = \frac{C_0 \times q + C_w(Q - q)}{q + (Q - q)} = \frac{C_0 \times q + C_w(Q - q)}{Q} \dots\dots (8)$$

設 $C_w = 0\%$ ，則

$$C_{r0} = \frac{C_0 \times q}{Q} \dots\dots (9)$$

當 1 分鐘後，噴至田間之肥料濃度

$$C_{r1} = \frac{C_1 \times q}{Q} = \frac{V - q}{V} C_0 \times \frac{q}{Q} \dots\dots (10)$$

當 2 分鐘後，噴至田間之肥料濃度為

$$C_{r2} = \frac{C_2 \times q}{Q} = \left(\frac{V - q}{V} \right)^2 \times C_0 \times \frac{q}{Q} \dots\dots (11)$$

當 t 分鐘後，噴至田間之肥料濃度為

$$C_{rt} = \frac{C_t \times q}{Q} = \left(\frac{V - q}{V} \right)^t \times C_0 \times \frac{q}{Q} \dots\dots (12)$$

由(6)式，計算液肥筒內濃度每分鐘之變化率為

$$\frac{C_t}{C_{t-1}} = \frac{V - q}{V} = 1 - \frac{q}{V} \dots\dots (13)$$

亦即 C_t/C_{t-1} 為 q 及 V 之變化函數，當 V 為定值， q 亦為定值時，則 C_t/C_{t-1} 亦為一定值。當 V 一定時， q 增大，則 C_t/C_{t-1} 減小，由是可知調節 q 之大小，可以達到調節肥料倍率變化之需要。

所製成之液肥筒總容積 $V = 54.4$ 升。設 $C_0 = 100\%$ (即使用液肥原液，設其濃度為 100%)，則

由(7)式

$$\log C_t = t \log \left(\frac{V-q}{V} \right) = t \log \left(\frac{54.4-q}{54.4} \right) \dots \dots \dots (14)$$

由(4)式計算 q 與 log C_t 之關係式如下表

q(升/分)	$\frac{54.4-q}{54.4}$	$\log \left(\frac{54.4-q}{54.4} \right)$	log C _t
0.5	0.991	-0.003926	-0.003926t
1.0	0.982	-0.007899	-0.007899t
1.5	0.972	-0.012334	-0.012334t
2.0	0.963	-0.016374	-0.016374t
2.5	0.954	-0.020452	-0.020452t
3.0	0.945	-0.024568	-0.024568t
4.0	0.926	-0.033389	-0.033389t
5.0	0.908	-0.041914	-0.041914t
6.0	0.890	-0.050610	-0.050610t
8.0	0.853	-0.069051	-0.069051t
10.0	0.816	-0.088310	-0.088310t
12.0	0.780	-0.107905	-0.107905t
14.0	0.743	-0.129011	-0.129011t
16.0	0.706	-0.151195	-0.151195t
18.0	0.670	-0.173925	-0.173925t
20.0	0.632	-0.198596	-0.198596t

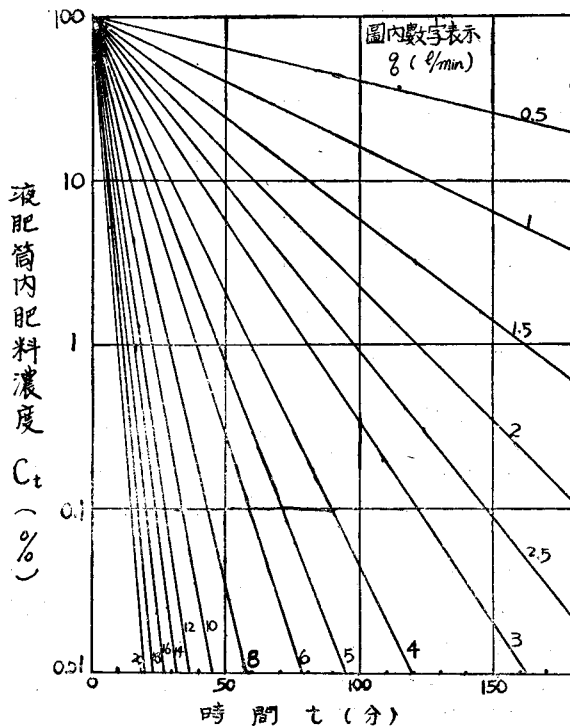


圖 6. 各選定流量 q 之肥料筒內濃度與時間之關係

由 q 與 log C_t 之各關係式繪製各 q 流量值之液肥筒內濃度隨時間而變化之情形如圖 6。

根據試驗實測，在中間壓之使用範圍（壓力為 2-3kg/cm²），所製施肥裝置之 Q/q 比與 q 亦有比例之關係，其關係式為 Q/q=120q^{-1.1}（如圖 7），在雙對數紙上係直線變化關係。其關係實測值如下表：

q(升/分)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Q/q (倍)	120	55	25.5	16.3	11.8	9.7	7.5	6.3	5.5	4.8	4.3

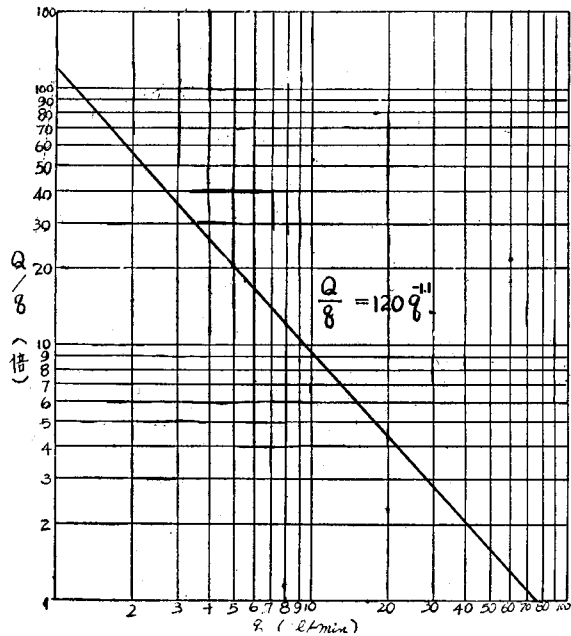


圖 7. 自動施肥裝置之 Q/q 比與 q 之關係

流經液肥筒流量 q 與制水閥之開度關係（可用指示盤表示），經實測檢定結果如圖 8。故由圖 8 之資料，可以選定 q 而決定制水閥之控制開度，以為操作之基準。

有關操作使用方法，可根據圖 6-8 之資料加以選用。茲舉例說明，俾易了解其用法。

如欲選定 q=4 升/分之操作方法噴施，則由圖 8 可知 q 為 4 升/分時之斜制水閥開度為 3.8 圈。則將施肥裝置之斜制水閥開度定在該值。打開給水閥操作噴灌。則此時液體肥料筒（先裝滿 54.4 升之液肥原液 100%）之肥料濃度隨噴灌時間而漸稀釋，其變化關係式為 $\log C_t = -0.033389t$ 。由圖 7 查出 Q/q

= 25.5 倍，亦即噴施至田間之肥料濃度為同時間存於肥料筒內濃度之 1/25.5。

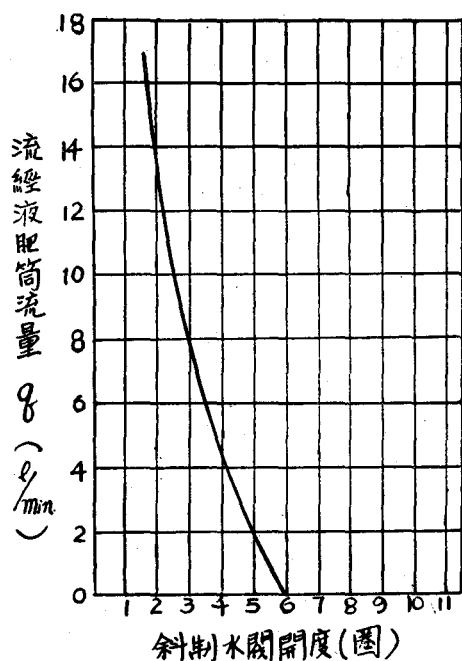


圖 8. 斜制水閥開度與流經液肥筒流量 q 之關係 (全開 11.5 圈)

設連續噴施 50 分鐘。則由圖 6 之 $q=4$ 升/分關係線查得液肥筒內肥料濃度約為 2%。計算此時全部已施至田間之肥料量為 $54.4 \times (100\% - 2\%) = 53.312$ 升。殘存在肥料筒內之量為 $54.4 \times 2\% = 1.088$ 升。而此時噴至田間之肥料濃度為 $2\% \times 1/25.5 = 0.08\% \approx \frac{1}{1250}$ (相當稀釋 1250 倍)。如欲很快將殘存肥料筒內肥料噴施，則可將斜制水閥之開度縮小，使 q 加大，則在甚短時間內，即能將筒內濃度稀釋至甚稀之情況。

所設計之自動液肥混入裝置適於噴灑支管使用，由於肥料之濃度係隨噴灌時間而漸稀，故每次液肥筒所裝入之肥料用量以一次用完為原則，如所需施肥量低於液肥筒容量，可以灌溉水補充裝滿，而計算其開始噴灌時之肥料濃度。

四、施肥方法

通常施肥速率大小，均可以調整。一般施肥時間以 90 分鐘左右為宜，如施肥用量多時，亦可延至 2-3 小時。施肥時間愈短，當然較為經濟。但因過濃的肥

料噴施至植物葉簇，易引起肥傷，故必須在不發生肥傷之濃度條件下施用。施肥時間通常係以配合灌溉需要為原則，故以在計劃灌溉水量噴灌完成前能將所需肥料施入為佳，如是即不必增加施肥用水量。同時，必須記住，當肥料噴施完成後，須有 20-30 分鐘之時間以清潔灌水噴灌沖洗系統及洗淨作物葉簇，以免發生腐蝕或肥傷。又當風力太大時，肥料之噴施最好能避免。

適當的施肥方法，必須在上述原則條件下進行。故對於所使用之液肥施入裝置須熟悉其操作原則，俾便隨需要而調整其控制，使能正確地應用噴施方法。

肥料量之計算，以噴施面積與單位面積之需肥量為基準每次支管灌溉加入之肥料量計算為

$$\text{每次灌溉加入肥料量 (公斤)} = \frac{\text{噴頭間距 (公尺)} \times \text{支管移動間距 (公尺)} \times \text{噴頭數} \times \text{肥料施用率 (公斤/公頃)}}{10,000}$$

例如有一農場，噴灑灌溉系統之設計資料為噴頭間距 12 公尺，支管移動間距 18 公尺，每組支管噴頭數為 8 個，肥料施用率為每公頃 100 公斤。則每次支管灌溉所需加入之肥料量為

$$\frac{12 \times 18 \times 8 \times 100}{10,000} = 17.28 \text{ 公斤}$$

葉部噴施肥料最大的困難及必須注意的問題，即噴施肥料之濃度，濃度過高，葉簇易罹肥傷。筆者在崎頂砂丘地實驗站曾經進行液體肥料施用安全倍數觀察試驗，溫室栽培之王子詳香瓜試驗結果如表 2。由葉面直接噴施或澆施時，稀釋 200 倍時，仍發現嫩葉有局部變黃之現象，在 50 倍以內時，植株均遭受嚴重肥傷。故安全施用以 200 倍以上為宜，因試驗期間係在冬季，氣溫較低，如在春夏季採用噴灌或澆施用時，因其氣溫較高，更易引起肥傷，故其稀釋倍數須大幅度提高，最好能在 500 倍以上較為安全。另外對甘藍、青花菜、花椰菜等分別試驗情形如表 3 至表 5。結果認為稀釋 200 倍後噴施較為安全。安全施用之肥料濃度因作物不同而略有差異，同時作物之生長情形也有關係，如同一作物在幼苗期之施用濃度必須較生長盛期時為低。對於未測知安全施用肥料濃度之作物，以增高其稀釋倍數施用較為安全，以免發生肥害之危險。

表 2 溫室栽培王子洋香瓜液肥 (12-9-9) 不同稀釋倍數噴施處理試驗反應調查

稀釋倍數	施灌量 (cc/株)	處 理 後 反 應			
		第 二 天	第 四 天	第 六 天	第 十 天
0 (原液)	200	凋 萎	凋 萎	枯 死	枯 死
1	400	凋 萎	凋 萎	凋 萎	枯 死
2	600	凋 萎	凋 萎	凋 萎	枯 死
5	600	葉緣捲起先端凋萎	葉緣捲起嫩葉受傷	葉緣捲起嫩葉受傷	葉緣捲起嫩葉受傷
10	1100	先端凋萎嫩葉受傷	先端凋萎嫩葉受傷	先端凋萎葉緣捲起	先端凋萎葉緣捲起
20	1050	嫩葉變黃	幼葉稍有葉傷	幼葉有肥傷	幼葉有肥傷
20	2100	嫩葉邊緣捲起	先端稍呈凋萎	先端稍呈凋萎	先端稍呈凋萎
5	1200	嫩葉受傷先端凋萎	先端枯死	先端枯死	先端枯死
50	2550	嫩葉邊緣捲起	幼葉肥傷	幼葉肥傷	幼葉肥傷
50	5100	嫩葉變黃	嫩葉變黃	嫩葉變黃	嫩葉變黃
100	2525	嫩葉變黃	嫩葉變黃	嫩葉變黃	嫩葉變黃
200	5025	嫩葉變黃	嫩葉變黃	嫩葉變黃	嫩葉變黃

說明：試株為開花結果期，植株健壯。

表 3 甘藍液肥不同稀釋倍數噴施處理試驗反應調查

稀釋倍數	施灌量 (cc/株)	施 灌 後 反 應			
		第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天
0	100	部分葉片灼傷枯萎	心葉葉緣肥傷重	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色枯縮
1	200	部份葉片灼傷枯萎	心葉葉緣肥傷重	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色枯縮
2	300	部份葉片灼傷枯萎	葉緣肥傷重	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色枯縮
5	1200	部份葉片灼傷枯萎	部份葉緣肥傷	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色枯縮
10	1100	部份葉片灼傷枯萎	部份葉緣肥傷	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色
20	1000	正 常	底葉葉緣肥傷	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色
50	1000	正 常	心葉葉緣肥傷	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色
100	1000	正 常	心葉葉緣肥傷	肥傷處呈灰色	肥傷呈灰色
150	1000	正 常	正 常	少部份葉緣肥傷	肥傷呈灰色
200	1000	正 常	正 常	正 常	正 常

說明：甘藍試株為定植後 1 個月，植株健壯，處理後 7 日無肥傷葉片葉色濃綠，顯示肥效良好。

表 4 青花菜液肥不同稀釋倍數噴施處理試驗反應調查

稀釋倍數	施灌量 (cc/株)	施 灌 後 反 應			
		第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天
0	1000	枯株呈枯萎狀	枯 死	枯 死	枯 死
0	100	葉片部份灼傷	葉部肥傷	葉緣肥傷嚴重	葉部肥傷嚴重
1	200	葉片部份灼傷	葉部肥傷	葉緣肥傷嚴重	葉部肥傷嚴重
2	300	葉片部份灼傷	葉部肥傷	葉緣肥傷嚴重	葉部肥傷嚴重
5	600	葉片部份灼傷	葉部肥傷	葉緣肥傷嚴重	葉緣肥傷嚴重
10	1100	葉緣捲起	葉緣肥傷	葉緣肥傷嚴重	葉緣肥傷嚴重
20	1000	葉緣捲起	葉緣肥傷	葉緣肥傷	葉緣肥傷
50	1000	正 常	底葉肥傷	底葉肥傷	底葉肥傷
100	1000	正 常	底葉肥傷	底葉肥傷	底葉肥傷
150	1000	正 常	底葉肥傷	底葉肥傷	底葉肥傷
200	1000	正 常	正 常	正 常	正 常

說明：青花菜試株為定植後 1 個月，植株健壯。處理後 7 日無肥傷葉呈濃綠色，顯示肥效良好。

表 5 花椰菜液肥不同稀釋倍數噴施處理試驗反應調查

稀釋倍數	施灌量 (cc/株)	施 灌 後 反 應			
		第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天
0	100	葉緣嫩葉肥傷	葉緣嫩葉肥傷	葉緣嫩葉肥傷	肥傷處呈灰色
1	200	葉緣嫩葉肥傷	葉緣嫩葉肥傷	葉緣嫩葉肥傷	肥傷處呈灰色
2	300	葉緣嫩葉肥傷	葉緣嫩葉肥傷	葉緣嫩葉肥傷	肥傷處呈灰色
5	1200	嫩葉肥傷	嫩葉肥傷	葉緣嫩葉肥傷	肥傷處呈灰色 植株呈凋萎狀
10	1100	正 常	葉緣肥傷	葉緣肥傷	肥傷處呈灰色 植株呈凋萎狀
20	1000	正 常	底葉枯黃	底葉枯黃	底葉枯黃
50	1000	正 常	底葉枯黃	底葉枯黃	底葉枯黃
100	1000	正 常	底葉枯黃	底葉枯黃	底葉枯黃
150	1000	正 常	心葉葉緣捲起	心葉肥傷	心葉葉緣呈灰色
200	1000	正 常	正 常	正 常	正 常

說明：花椰菜試株為定植後 1 個月，植株健壯。處理後 7 日，無肥傷葉呈濃綠色，顯示肥效良好。

美國 Du Pont 公司建議尿素噴施各種作物之適宜水溶液濃度如下表。

作物種類	適宜之尿素水溶液濃度
落葉果樹 (蘋果、桃、梨、杏、葡萄)	0.5%
蔬菜 (甘藍、萵苣、蕃茄)	0.5%
豆 類	0.5%
花 卉	0.5%
觀賞樹木	0.5%
馬鈴薯	2.0%
柑橘類	1.5%

日本全國各地對於葉部施用尿溶液之適宜濃度試驗結果如下表。

作物種類	適宜尿溶液濃度
稻、麥	2%
蘿蔔、白菜、菠菜、甘藍、西瓜、茄子、甘藷、馬鈴薯、花生	1%
胡瓜	1-1.5%
桑、茶、蘋果、柑橘、葡萄、柿、蕃茄、草莓	0.5%
溫室胡瓜、溫室茄子	0.3%

註：表中所列濃度係指普通生長狀況而言，生長不良時應更稀，旺盛時可較濃，幼苗和嫩葉應稀，成木或老葉可濃。

對於肥料濃度之測定，除了預先按比率調配稀釋知道外，在噴施中若欲測知某液的肥料實際濃度，可用導電度計測其電導度，再查其稀釋倍數或濃度與電

導度之關係表 (預先率定備用) 求出其相對應之稀釋倍數值，即可知悉肥料之施用情形，以為調節控制液肥施入裝置之依據。筆者曾對 12-9-9 液體肥料測定稀釋液之電導度與稀釋倍數之關係如圖 9，利用灌施肥時，為了解實際施肥之倍數是否安全，取施灌之稀釋液測其電導度，利用稀釋倍數與電導度之關係圖，反求出其他施肥之實際稀釋倍數，加以檢核調整控制，也可用以計算實際施肥之總用量。

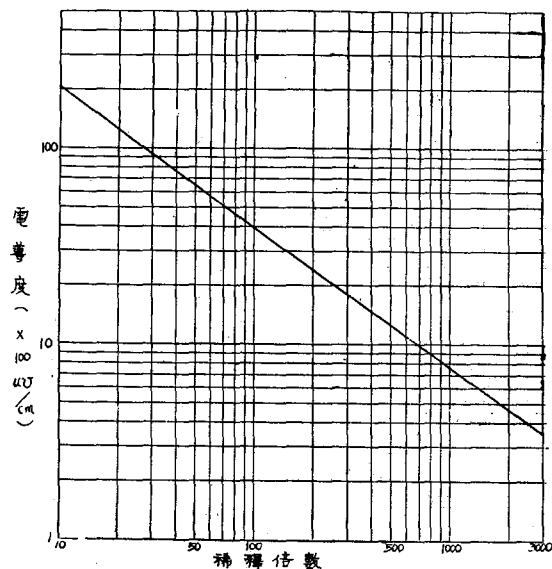


圖 9. 12-9-9 液肥稀釋倍數與電導度之關係

五、結 語

本文所探討之配合噴灌系統施肥裝置及施肥方法

(文轉第13頁)