

# 我家田地

## 適種什麼作物？

——土壤pH值的測定及其應用——

台中區農業改良場土肥研究室副研究員／王錦堂



測定土壤酸鹼度，可幫助農友選種適當的作物  
(林坤德／攝)

土壤酸鹼度是來自土壤溶液的反應現象，  
土是土壤的一個最基本的性質，有酸性、  
中性及鹼性三種。由於土壤溶液的生理性以

反應最為重要，土壤微生物與高等植物對於其化學環境的變化敏感而影響較大，故其他許多生理性質都可以由其土壤反應來推想。土壤的反應，不但是一種土壤肥力程度的指標，亦是營養診斷施肥推薦必要的路徑，故早已為農業研究者所認識，更為耕作者所關心，並為近年土壤肥力測定中重要的一項。目前很多篤農及剛接棒的核心農民的新年輕一代，在求知欲的驅使下都有詳細去瞭解的意願，在加強品質提升需求下，土壤酸鹼度的測定及其應用，成為目前最熱門的課題。據台中區農業改良場自民國77年至81年進行的東勢地區土壤與葉片營養診斷應用計畫的1,786戶果園中，就有30%及40%的表底土低於pH4.5及各40%的表底土為pH4.6~5.5的強酸性土壤，其果園經測定改良後的樹勢發育茁壯、果實的質量均獲得顯著的提升，並大量的降低生產成本，增加收益不少。茲簡略介紹其來源、性質、表示法、測定、改良及應用分述如下以供參考。

### 土壤酸性的來源

在土壤酸性理論演進上首先由「氫吸附學說」與「代換鋁學說」而成為「氫質粘土理論」然後再論為「鋁質粘土學說」，而後以「氫鋁混合質粘土學說」為論據直到現在

。但對酸性土壤中的自然酸化，最後也以氫離子的形成表現出來，雖然氫離子有時是通過鋁離子的水解產生，或由多雨淋洗與施用酸性肥料及生物作用等因素所造成。

### 1.天然的原因

由矽酸鹽類的礦物所組成的岩石，經風化而成土壤時，其礦物中的金屬離子鈣、鎂、鉀、鈉等在風化過程中，隨時會溶於水中而漸流失，亦即土壤膠體原被鹽基所飽和，經淋滲的結果，氫離子取代金屬鹽基離子，土壤變成全部或局部被氫離子所飽和，於是呈現不同的酸性。多雨的地方淋洗愈強烈，金屬的流失愈盛，金屬離子的損失愈多，其土壤的氫離子飽和度（亦稱鹽基不飽和度）會愈高，土壤溶液的酸性則愈強。台灣位於亞熱帶，高溫多濕，夏天更是強風暴雨，在山高坡急及峻嶺佔多數的土層，其所受的強烈風化作用，已使土壤中的金屬離子大量流失普遍形成強酸性，尤其成土年代較久的紅壤和黃壤更是，沖積土雖酸性較弱，但亦漸趨酸化，因此大多數可耕地已加強其酸性。

### 2.人爲的原因

施用肥料，亦可使土壤的反應變更。一般上由於單位面積的肥料施用量不大，只要酸性肥料和鹼性肥料適當配合，所引起的土壤反應變化不會太大。但很多農戶為提高產量而過量施用，以致土壤問題叢生，有必要去瞭解，而避免原就酸性很大的土壤，造成更大的變化。各種肥料使土壤反應變更的力量有強有弱，凡施用肥料（例如硫酸銨100公斤）所引起的土壤pH（=Potential due to Hydrogen）降低值，用CaCO<sub>3</sub>（碳酸鈣107公斤）使恢復到該土壤原pH值所需的數量，稱為該肥料的酸當量（Equivalent acidity\*），同樣施用肥料（例如施用氰化鈣100公斤）所引起的土壤pH增高值，相當於多少CaCO<sub>3</sub>（碳酸鈣63公斤）的效力

測定土壤酸鹼度的儀器

（即施用少CaCO<sub>3</sub>可引起相同的pH增高值），稱為該肥料的鹽基當量（Equivalent basicity）。茲示幾種肥料酸當量和鹽基當量如下（表1至4）。

註：\*肥料之當量酸度和當量鹼度（Equivalent acidity and equivalent of fertilizers），會產生酸性肥料和產生鹼性的肥料，施用於土壤後會改變反應使偏離中性，其產生的酸量或鹼量，以相當多少CaCO<sub>3</sub>（碳酸鈣）表示，稱為當量酸度或當量鹼度。

表1.化學肥料之酸鹼當量

名稱	酸當量	鹼當量
硫酸銨	107	—
尿素	36	—
硝酸銨	60	—
硝酸鉀	—	23
硝酸銨鈣	0	—
硝酸鈣	—	36
氰化鈣	—	63
過磷酸鈣	0	0
磷酸二鈣	—	25
鈣鎂磷肥	—	鹼性
硫酸鉀	0	0
氯化鉀	0	0
碳酸鉀	—	鹼性

## 土壤酸度的性質

土壤的酸度是由土壤中的氫離子濃度決定的，即氫離子濃度多於氫氧離子時呈酸性，反之鹼性，兩者相等時則呈中性。土壤中的氫離子存在的形態可分為兩部分，一部分

存在於土壤溶液中，稱為游離酸（活性酸），另有一部附著於土壤膠體的表面，稱為交換性酸或潛在酸（潛性酸），惟二種酸常維持著一定的平衡，並無明顯界限。平常用pH玻璃電極儀器或指示劑、紙所測定的酸度係代表土壤溶液中的氫離子濃度是游離酸，而交換性氫離子的交換性酸或潛在酸則不包括在內。但要中和一種酸性土壤所需的石

表2.動物質有機物之酸鹼當量

名稱	酸當量	鹼當量
乾血	23	—
骨灰	—	鹼性
粗骨粉	—	20
蒸骨粉	—	25
酸化魚粉	5	—
乾魚粉	5	—
蹄角粉	鹼性	—
廢肉渣	—	13
鯨魚渣	4	—
蟹殼屑	—	鹼性

表3.植物質有機物之酸鹼當量

名稱	酸當量	鹼當量
棉子粉	10	—
棉子殼灰	—	55
蓖麻渣	6	—
菸莖	—	25
菸草灰	—	鹼性
木灰	—	鹼性
花生粉	酸性	—
大豆粉	酸性	—

表4.一般石灰物質中和當量

名稱	中和當量 (以碳酸鈣CaCO <sub>3</sub> 為100比較)	大約成份	相當於100公斤 碳酸鈣之重量 (公斤)
農用石灰石粉	85—100	80—95% CaCO <sub>3</sub>	100—118
白雲石粉	95—108	52% CaCO <sub>3</sub> 42% MgCO <sub>3</sub>	93—105
消石灰	120—135	65% CaO	74—83
沉澱石灰及假燒石灰	150—175	85% CaO	57—67
假燒蚶殼	90—110	55% CaO 5% MgO	91—111
燒蚶殼	80—90	85% CaCO <sub>3</sub>	111—125
鹼性鋼渣	50—70	45% CaCO <sub>3</sub> 6% MgO	143—200
木灰	40—50	45% CaCO <sub>3</sub>	200—250

灰要由二個因子來決定，即土壤的pH和氫離子飽和度及土壤的陽離子交換能量。例如有二種土壤，pH各為5.0，土壤膠體的氫離子飽和度各為40%，但甲土壤的陽離子的交換能量是10公絲當量/100公分，乙土壤則為20公絲當量/100公分，那麼中和乙土所需的石灰應多於甲土一倍，因乙土交換性氫離子濃度為甲土的一倍。

### 土壤酸度的表示法

土壤的酸度是由土壤溶液中氫離子 (H<sup>+</sup>) 的濃度而決定。氫離子濃度愈高時酸

性愈強。土壤溶液的酸度常用  $pH = -\text{Log}$

[H<sup>+</sup>] 來表示，為使農戶進一步瞭解略述例如下：一般以純水的反應為中性，其pH為7，即  $pH = -\text{Log} (H^+ \text{的克當量/公升})$

。例如純水一公升 (1,000ml) 中有H<sup>+</sup>重  $\frac{1}{10,000,000}$  克當量，故  $pH = -\text{Log}$

$\frac{1}{10,000,000} = -\text{Log} (10^{-7}) = 7$ 。凡H<sup>+</sup>

濃度較純水大的，稱為酸性， $pH <$  (小於) 7，例如一公升溶液中的H<sup>+</sup>比純水多10倍

，即H<sup>+</sup>重  $\frac{1}{1,000,000}$  克當量，故  $pH = -$

$\text{Log} \frac{1}{1,000,000} = -\text{Log} (10^{-6}) = 6$ 。又

H<sup>+</sup>濃度較純水小的稱為鹼性， $pH >$  (大於) 7，例如一公升溶液中的H<sup>+</sup>比純水少10倍

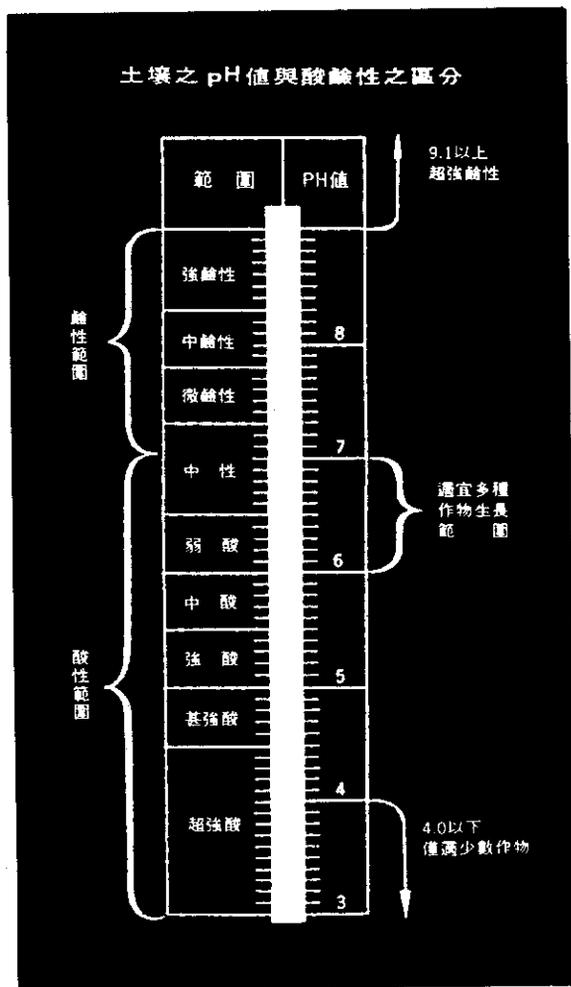
，即H<sup>+</sup>重  $\frac{1}{100,000,000}$  克當量，故  $pH = -$

$\text{Log} (\frac{1}{100,000,000}) = -\text{Log} (10^{-8}) = 8$

。pH8與pH6兩者H<sup>+</sup>濃度相差有100倍之多。

### pH值的測定

pH值之測定就是測定土壤溶液中的氫離子濃度，所以必要在土壤有水存在的條件下才能進行測定工作。一般常用的測定主要方式可分兩種，一即在田間操作的試紙或試劑的比色法，另為在實驗室內用pH計 (pH Meter) 的玻璃電極法 (目前已開發出多種便宜攜帶型的簡易金屬面電極pH計)。前者成本低廉省時又易作，但準確度較差，後者價高，需常維修，樣品製備費時，操作稍



土壤之pH值與酸鹼性之區分

→ 複雜，但準確度較高。茲分別說明如下：

### 1. 試紙呈色反應法

將已具有代表性的土壤樣品放入試驗碟或試管中，加進定量的蒸餾水，充分攪拌後靜置一定時間，取澄清液滴在測定反應試紙上，觀察其變色反應，再對照標準比色表即可比較出pH值，田間速測時土壤與水充分攪拌後以試紙觸濕溶液後現場測定，如試紙Whatman indicator papers等。

### 2. 試劑比色測定

其原理與試紙呈色法相同，惟其製備需土壤加以pH抽出液 (Extractor) 及pH值指示藥 (pH Indicator) 作用呈現出顏色，再以土壤酸度 (pH) 比色表比較，如FHK土壤酸度 (pH) 檢定器Sudbury Soil Test Kit和Green OM-2 pH檢定器等，使用時請按照說明書或圖解操作即可。

### 3. 金屬電極測定

採用金屬電極面與土壤溶液接觸法的原理而製成，可攜帶至田間將酸度計金屬面完全插入土壤中後一分鐘，待指針穩定後之數字即為pH值。使用前如土壤過乾或肥料過多時，宜先以清水或蒸餾水適量灑施20~30分鐘後即可測定，如日本“竹村”儀器公司

產品——土壤酸濕度計等，詳細操作請參考各說明書。

### 4. 玻璃電極法

本省現行土壤測定方法在臺灣省農業試驗所及各區農業改良場均採用玻璃電極法 (Glass electrode method)，其原理是將玻璃電極 (Glass electrode)，與基準電極 (Calomel half-cell) 插入供試液中時，即形成一種化學電池，其電動勢即兩極間的電壓(E)與供試液中的pH有如下的關係：

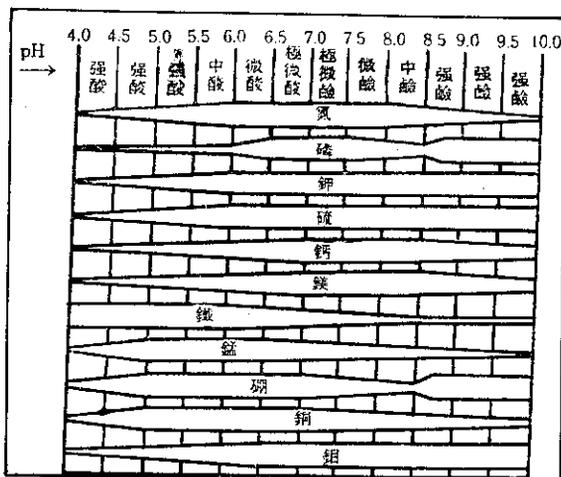
$$pH = \frac{E - \text{常數}}{\text{常數} \times (273 + \text{供試液溫度}^{\circ}C)}$$

因此校正溫度量得電壓後，即可得知供試液的pH值。設備要玻璃電極pH計 (Glass electrode pH meter) 外另須50ml玻璃燒杯或塑膠杯、玻璃棒。試藥要準備pH4、7、10之緩衝液供為校正用。土壤樣品製備上，測定土壤pH必須將土壤加蒸餾水充分攪拌混合，其土壤與水的比例，有1:1, 1:2.5和1:5幾種，視土壤類別、研究目的、習慣、需要而異。

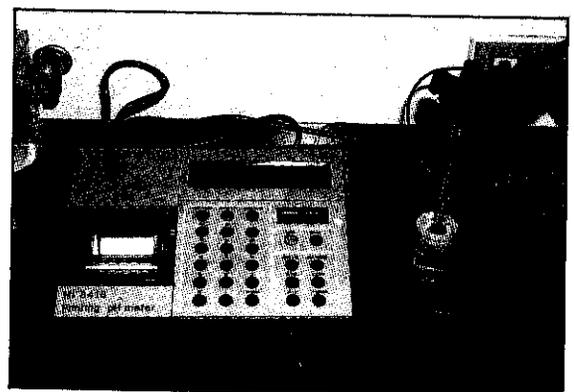
## 測定的方法

以本省農試所、改良場採用的方法，土壤和水1:1為例說明之。

1. 稱經2mm篩過的風乾土壤20gm於50ml



土壤反應和植物營養要素之有效性



測定土壤酸鹼度的儀器

的塑膠杯中，加入20ml的蒸餾水，並以玻璃棒充分攪拌。

2.放置一小時，并間斷予以攪拌二次，即可用pH計測定其pH值，在插入電極前再予充分攪拌。

3.在測定土壤pH前，先以pH4及7之緩衝液校正pH計，若屬鹼性供試液，則以pH7及10緩衝液校正。

4.測定多量樣本時，每10個未知pH之土壤樣本，應加一個對照樣本（Check sample），即已知其pH值者，若對照樣本之pH有改變時，應再以標準緩衝液校正。

5.在測定土壤pH時，讀數記至小數第一位即可。

6.pH計之使用法，請詳讀各廠商說明書。

#### 注意事項

(1)土壤pH之測定受土壤之風乾、土壤中可溶性鹽分含量及CO<sub>2</sub>含量之影響，後兩者與採樣季節有關，同時，測定時所採用之土壤與水的比率亦會影響pH值，一般來說，土壤懸液（Soil suspension）愈稀，所得pH愈高，雖然其差異不大，但在測定土壤pH值時，必須註明土壤與水的比率。

(2)玻璃電極之尖端為很薄的玻璃膜，很容易破損，使用時應特別小心。

(3)不必要時，電極浸入供試液中的時間愈短愈好，尤其供試液的pH值在9以上者為然。

### pH值之改良

土壤的反應（pH）經測定後即可明瞭其現況，由於植物營養元素的有效性受土壤pH影響很大，所栽培的作物要在適宜的pH範圍內，否則需要做適當的調整改良，才能發揮其肥效。土壤pH對作物生育的影響，據D.I.Arnon及Aslander研究指出雖屬間接

，但最主要的作用為影響土壤中營養元素的溶解度或有效性，因其植物營養元素有效性與土壤中營養元素的溶解度或有效性，因其植物營養元素有效性與土壤pH關係很密切，例如氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫等元素在中性，鐵、錳、銅、鋅、硼在酸性，鉬在中性、微鹼性時其溶解度最高，有效性最大。其他如土壤中的細菌，有機物分解，氨化及硝化作用，根瘤菌的固氮等都在微酸近中性時進行較順利。強酸性對作物生育不良原因有很多研究，在上述土壤pH過低情況下，施用石灰可以消除鐵、錳、鋁等土中大量溶出之毒害及避免與磷結合而使磷有效性降低等，又補給鈣鎂，可改進鈣粘土的絮固作用，造成土壤的團粒構造，增進土壤肥力，提供作物營養元素的均衡吸收利用，防止生育上呈現缺乏症等，都是土壤pH值測定及石灰應用的正面功效關鍵。即由於鈣間接促進增產（包含氮磷鉀鈣稱為肥料四要素）施用時對土壤之理化、化學及微生物的性質將獲得改善。

### 石灰需量與應用

#### 1.石灰需要量

一般而言，將現有的每公頃表土的土壤反應提高到某作物生育的pH所需的石灰量，稱為石灰需要量，也有把土壤pH提高到7時所需的石灰量，稱為石灰需要量。其實不

## 七巧園藝事業有限公司

專業種苗進出口商 負責人：李木裕

進口特殊、庭園苗木、種子、品種多、大量批發

項目：非洲欖仁樹、霸王櫚、國王椰子、紅刺林投、紅棕櫚、南洋杉、蘇鐵、白花天堂鳥、巴西鐵樹……等

外銷花木、盆景、盆栽、種子、蘭花，大量收購

項目：觀音竹、馬拉巴栗、蘇鐵、西洋蘭、中國蘭……等

門市部：台中縣霧峰鄉中正路1224巷17弄1號

電話：04-3308917-3395967 FAX：04-3339087

農場：彰化縣田尾鄉睦宜村地政路85號

電話：04-8831786-8831787

管採用前者使提高到某作物所需吸收石灰用量，即某作物適宜吸收量，或採用後者使提高到中性土壤所含有石灰用量，即使各要素能均衡溶解的供應量，均謂石灰需要量。由於各種作物對土壤pH適宜範圍（忍受力）不一，種植地母質土壤含鈣量的不同，又受土壤溶液氫離子存在的形態即游離酸（活性酸）、交換性酸（潛在酸）、和土壤質地（無機膠體或粘土礦物）、有機質（有機膠體）等含量的影響及長、短期作物種類，石灰的純度和細度、雨旱季之不同石灰的施用量要作適當的調整。

## 2. 石灰種類與施用量

砂質土以選擇施用碳酸石灰為最適。重粘土為石灰或消石灰較適當。腐植土則以碳酸石灰較好。旱地以消石灰或碳酸石灰較適當。水田以碳酸石灰，尤其石灰岩粉末為最適。一般性土壤則以碳酸石灰較好。其石灰類換算係數為：消石灰 = 生石灰 × 1.54、碳酸石灰 = 生石灰 × 1.78、生石灰 = 碳酸石灰 × 0.56、消石灰 = 碳酸石灰 × 0.86。在使用生石灰時，先將生石灰浸入水中3~4分鐘，待氣泡不再冒出時取出堆積於地上，固塊即次第崩開而成粉末，隨即可撒布於田間。

據土壤肥力調查台灣的稻田強酸性土壤

表5. 主要作物適宜土壤酸鹼度 (pH) 範圍

作物	最適pH	作物	最適pH	作物	最適pH	作物	最適pH
水稻	5.0-7.0	香蕉	6.0-6.7	蘭類	4.0-5.0	甘藍	5.5-6.8
大麥	6.5-8.0	柑桔	5.2-6.4	菊花	5.5-6.5	白菜	5.5-6.8
小麥	5.5-7.0	鳳梨	5.0-6.0	天竺葵	5.0-7.0	芹菜	5.5-6.8
蕎麥	5.5-7.0	枇杷	5.0-6.0	非洲菊	6.0-7.0	韭菜	6.0-6.8
燕麥	5.5-7.5	荔枝	5.0-6.5	秋海棠	5.0-7.0	大蒜	5.5-7.2
黑麥	5.0-7.0	番石榴	5.5-6.5	翠菊	6.0-8.0	洋葱	5.5-6.8
玉米	5.5-7.0	釋迦	5.5-6.5	金魚草	6.0-7.5	蘆筍	6.0-6.8
小米	5.0-6.5	蓮霧	5.5-6.5	波斯菊	5.5-6.5	竹筍	5.0-6.8
甘藷	5.5-7.0	芒果	5.5-6.5	百日草	6.0-8.0	花椰菜	6.0-7.0
花生	5.5-7.0	木瓜	5.5-6.5	三色堇	6.0-6.5	馬鈴薯	4.8-5.4
蜀黍	5.5-7.5	楊桃	6.0-6.5	矮牽牛	6.0-7.5	蘿蔔	5.0-6.8
大豆	5.5-7.0	棗	5.5-6.5	萬壽菊	5.5-6.5	胡蘿蔔	5.0-6.8
紅豆	5.0-7.2	葡萄	6.0-7.4	唐菖蒲	6.0-7.5	番茄	5.0-6.8
茶	4.5-6.0	梨	5.2-6.1	孤挺花	5.5-6.5	草莓	5.5-6.8
甘蔗	5.5-7.5	桃	4.9-6.0	美人蕉	6.0-7.0	胡瓜	5.5-6.8
向日葵	6.0-7.5	李	5.0-6.0	大岩洞	5.0-6.5	洋香瓜	5.5-7.0
油菜	6.0-7.5	梅	5.0-6.0	大理花	6.0-8.0	西瓜	5.5-6.8
菸草	5.5-7.5	蘋果	5.5-6.6	仙客來	5.5-6.5	毛豆	6.0-6.7
蕪菁	5.5-6.8	柿	5.5-6.6	風信子	6.0-7.5	菜豆	5.5-6.8
甘蔗	6.0-8.0	栗	4.6-5.6	火鶴花	5.5-6.5	豌豆	5.5-6.8

面積佔48萬公頃的30%以上，坡地強酸性土壤也佔100萬公頃的30%以上，顯示本省強酸性土壤的改良有迫切的需要。各主要作物適宜的土壤反應（pH）雖經很多專家的研究，但至今仍然尚不一致（如表5）。而以低於 $< 5.5$ 為改良範圍。石灰種類一般用量以石灰石粉中和力為100時（表4），公

表6.石灰細度中和力（有效度）

篩目 (mesh)	孔徑約數(mm)	有效度
100	0.15	100
50	0.3	60
20	0.8	30
8	2.0	10
4	4.0	0

表7.土壤酸度矯正需要消石灰量（kg/ha）

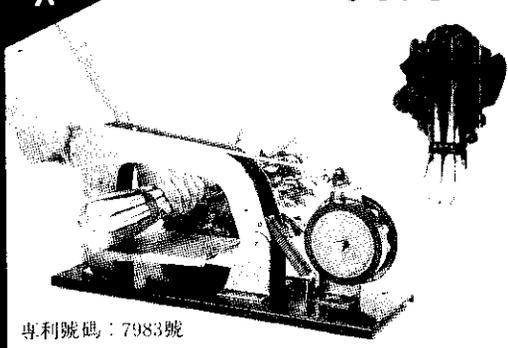
土壤酸度	砂土	砂壤土	粘壤土	粘土
pH4.0	2890	3863	5550	7013
4.5	2660	3138	5100	6525
5.0	2175	2890	4125	4838
5.5	1688	2175	3150	3863
6.0	0	0	0	0

頃每次用量長期果樹以3公噸為上限用量，消石灰為2公噸（表7）。並以經100篩目，孔徑約數在0.15mm以內之有效度為100做計算依據（表6），採用逐步改良方法，下一年仍經測定後再依據相同改良標準進行，直到其適宜下限pH值，因大部分作物適宜在微酸性以下範圍生長，故最高至pH6.0即可。石灰不宜一次大量施用，避免超施發生如錳、鐵不溶性障害而影響土壤肥力，及作用過於劇烈使土壤硬化。

### 3.石灰施用法

肥料用石灰以消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 為主要成份，惟碳酸鈣 $\text{CaCO}_3$ 亦可。碳酸鈣比消石灰（100%）含鈣量在理論上為後者的74%，故需增施。純度較低時亦是。石灰粒徑粗大者效果比細粒者較劣，可略增（表6）。在果園坡地較大者宜採用粗粒的，以保肥效持久而不被流失。施用石灰宜於冬（旱）季或種植前全園撒施後耕起翻入。山田氏等指出耕起前撒佈半量，餘半量於碎土整地前撒施與土壤混合較好。強酸性土壤的矯正，除施用石灰外應併用腐熟堆肥、有機質以減少鋁可溶性等障害影響，以助作物發育順利。至於鹼性土壤及其改良將另章說明。☉

**新產品**



專利號碼：7983號

各大超市、農會、合作農場等已有使用

# 蔬菜、花卉快速捆束機



特點：

1. 包裝快速輕鬆，綁一把菜只須2~3秒。
2. 機體嬌小，不用電，任何場所均可操作。
3. 使用橡膠系膠帶，不易脫落，防水，鬆緊可調整，不損傷葉、莖。
4. 包裝後的蔬菜、花卉美觀、清潔，提高產品價值。
5. 膠帶上可印刷，產地、供應者的名稱，具有宣傳效果。

**佳音包裝機材有限公司**  
 台北市中山北路二段115巷4號1樓  
 電話：5639401 • 5314905 FAX：511-3878