

化 學 肥 料

方金祥

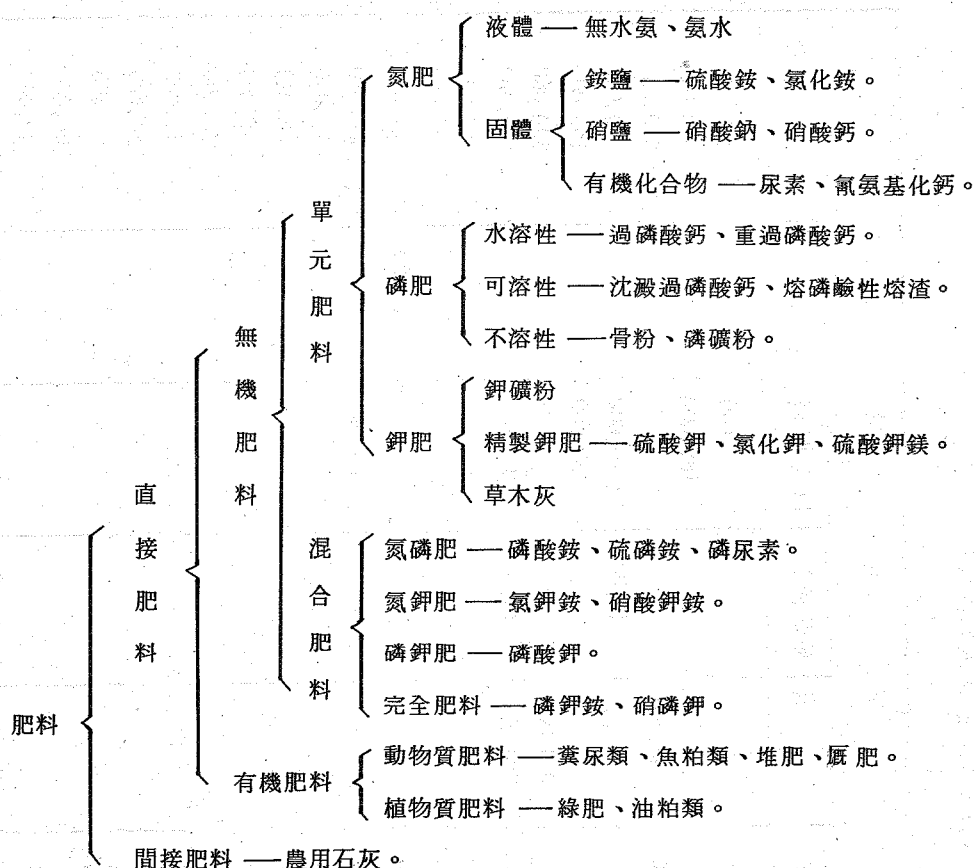
國立高雄師範學院化學系

植物生長需要有適當量的養分供給，而這些養分除由葉部吸收二氧化碳外，在正常的情形下，均由在土壤中之根部來吸收，然而在同一塊土地上，反覆不斷地種植相同或不同的農作物，最後土壤中原來所含的一些植物生長的必要元素 N. P. K 及其他養分便會缺乏，因此農作物的根、莖、葉和果實的發育便會受到阻礙，甚至於會呈現出病狀來，產量也會因而減少許多，嚴重者則會枯死。因此爲了要增加農產品的產量，在土壤中必須要適時適量地施用營養三要素氮、磷和鉀之肥料，正如同人類也必須不斷地補給、吸收食品營養：維他命及礦物質等，才能維持其生命。

肥料一詞簡言之，係指所有肥田之物料，亦即凡能增進作物、花、木之產量與品質之物質，即稱爲肥料。廣義的定義爲凡一切物料，不論其施於土壤或植物的葉面，若能供給作物營養分或改良土壤之物理化學性質、生物性質，藉以增加作物等之產量，進而改進產品之品質者，均可稱爲肥料。

一、肥料的分類

一般供給作物的營養分以 N. P. K 爲主要，所以從肥料本身對作物生長效應來分類時可分爲直接肥料和間接肥料，凡任何物質，不論有機或無機，天然的或人工合成的，經直接加水溶解或微生物醱酵、銨化（形成 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ）及硝化（形成 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ）等作用後，能供給作物一種或多種養分者，稱爲直接肥料。然若本身並未含有 N. P. K 三要素者，而能改變土壤的酸鹼性（pH 值），改良土壤物理性質或促進土壤中其他物質之分解進而放出植物養分或能促進作物生長者均稱爲間接肥料。肥料的分類如圖一所示。



圖一 肥料的分類

二、化學肥料的性質和製造

天然肥料亦即是有機肥料，可取自動物的排泄物、魚粉、骨粉、及油粕等，但是當土地被利用的時間愈久，則肥料的用量就需要愈多。而目前的天然肥料已不敷使用，因此須大量使用人工化學肥料，所以化學肥料對農作物的生產有莫大的貢獻。目前台灣製造肥料的工廠及其產品如表一所列。只將一些化學肥料之性質及製造法簡述如下：

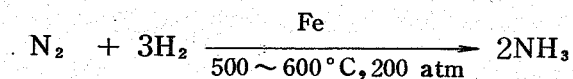
1. 人工氮肥：

主要是由氨（ NH_3 ）的製造和加工而得，而固定空氣中之氮氣來製造人工氮肥，主要是利用哈伯法在高壓適溫及催化劑的作用下，將氫（ H_2 ）和氮（ N_2 ）先合成氨（ NH_3 ）。

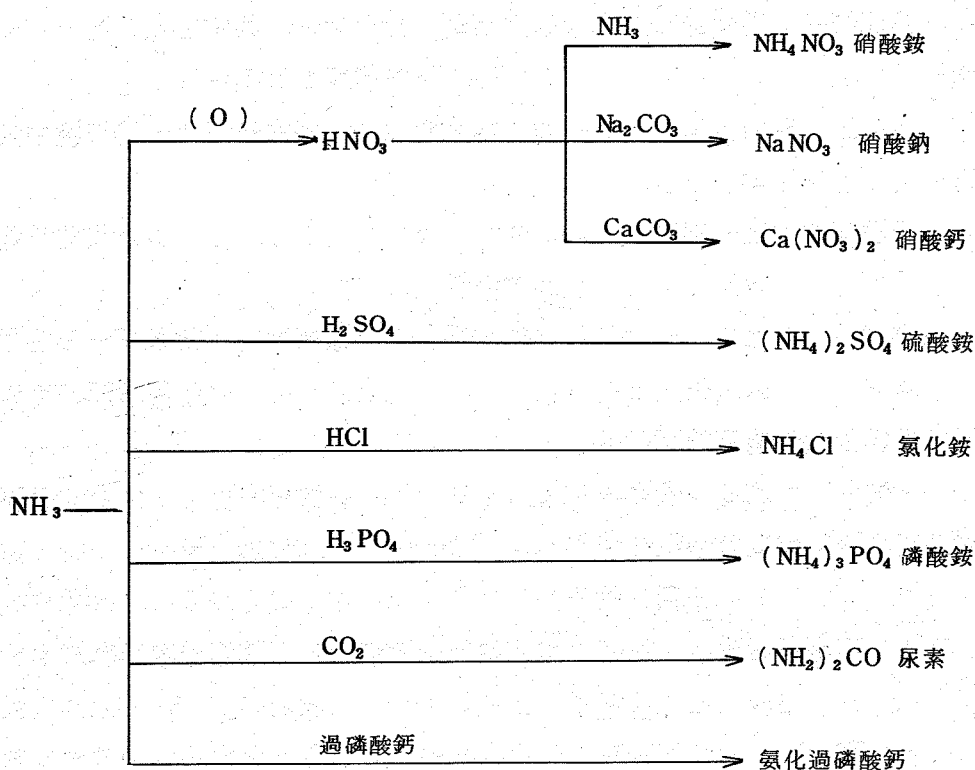
表一 台灣地區公民營公司各種化學肥料產能表*

公司名稱	肥料名稱 生產工廠	最 高 生 產 量 (公噸/年)					
		過磷酸鈣	硫酸銨	尿素	硝酸銨	複合肥料	合計
臺灣肥料公司	基隆廠	100,000				40,000	140,000
	高雄廠	130,000				180,000	310,000
	新竹廠		270,000	90,000			360,000
	花蓮廠				40,000	10,000	50,000
	南港廠					150,000	150,000
	苗栗廠			300,000			300,000
小計		230,000	270,000	390,000	40,000	380,000	1,310,000
高雄硫酸銨公司	高雄廠		180,000				180,000
中台公司	頭份廠		90,000				90,000
東南碱業公司	蘇澳廠		27,000				37,000
恒宜化工公司	頭份廠	100,000	150,000			50,000	300,000
大行化工公司	竹北廠		70,000				70,000
建豐企業公司	高雄廠		36,000				36,000
匯豐化工公司	金山廠	60,000	15,000				75,000
貝民化工公司	香山廠		35,000				35,000
廣民化工公司	新竹廠		15,000				15,000
啓業化工公司	南港廠		4,000				4,000
新竹化工公司	新竹廠		400				400
匯芳化工公司	高雄廠	60,000	22,000				60,000
台聯化工公司		450,000	914,400	390,000	40,000	430,000	2,234,400
小計							

* 本資料由台肥公司高雄廠技術課檢驗股所提供。



再由氨來製造其他的含氮肥料，如尿素〔 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 〕，硫酸銨〔 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 〕，硝酸鈣〔 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 〕…等。除此之外，氨之其他用途如圖二所示。植物吸收了氮肥後，便能促進其莖、葉充分發育，所以氮肥又叫做葉肥。



圖二 氨之用途

(1) 液體氮肥：無水氨在大氣壓力下為一無色鹼性且較空氣輕之氣體，在 -28°F 以下為液體，商品無水氨壓縮為液體而貯藏在加壓之鋼筒中，施用無水氨時必有安全裝置及特定之器具，使用時必須十分謹慎小心，否則危險，因此在使用上較不方便，故不太適用於一般的農田。

(2) 銨鹽：含有銨根 (NH_4^+) 之肥料，如硫酸銨、硝酸銨、氯化銨、鈣化硝酸銨、硝硫酸銨及碳酸氫銨等。

① 硫酸銨：俗稱硫酸銶〔 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 〕，純品為白色透明結晶，含氮約21.21%

，肥料用之硫酸銨約為 94 ~ 95 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 平均含氮 20 ~ 21 %，硫 24 %。

② 硝酸銨：原為炸藥原料之一，在二次大戰間，美國大量製造供作肥料之用，硝酸銨含氮約為 35 %，具有吸濕性，置於空氣中則易吸收水分而結成硬塊，不易粉碎，甚至變成液狀，使用上較為不便，為了防止其吸收水分，故常將其製成粒狀肥料。

③ 鈣化硝酸銨：於硝酸銨中加入石灰、硫酸銨、食鹽或鉀鹽等，以改善硝酸銨的物理性質，其中將碳酸鈣加入硝酸銨者稱為鈣化硝酸銨，含氮量約為 16 ~ 25.5 %。

④ 硝硫酸銨：為硫酸銨與硝酸銨之複鹽，含氮 26 %，其中之四分之一 (6.5 %) 為硝酸態氮 ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)，四分之三 (19.5 %) 為銨態氮 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)。

⑤ 氯化銨：為白色粉末狀結晶物，含氮約 26 %，稍有吸濕性，為銨鹽中最便宜者，但施用後使土壤變酸之程度較硫酸銨尤甚。

⑥ 碳酸氫銨：為一不甚安定之化合物，含氮約為 17 %，在土壤吸收前可能有氮之逸失，會對作物產生毒害，故較不宜供作肥料。

(3) 硝酸鹽：肥料用之硝酸鹽乃以硝酸鈉為主，硝酸鈣次之。此類肥料不宜用於水田，因其容易流失，且因水田土壤空氣較不流通，有脫氮作用，可將硝酸鹽還原成氮氣而逸散，或生成對植物有害的亞硝酸。

① 硝酸鈉：智利產硝酸鈉礦，稱為智利硝。一般供肥料用者是由合成氮再製造而成。美國產品之硝酸鈉為 99.32 %，含氮 16.37 %。當硝酸鈉大量地施用時，植物僅吸收其硝酸根 (NO_3^-)，而遺留鈉離子 (Na^+)， Na^+ 在土壤溶液中與二氧化碳結合成碳酸鈉，致使土壤漸呈微鹼性，並使土壤膠體起絮散作用，而破壞土壤的團粒構造。

② 硝酸鈣：為純白色，挪威產者含氮為 13 %，德國者為 15.5 %。因其有吸濕性，故常加入少許硝酸銨，使其呈團粒，並提高其中氮的含量。硝酸鈣的肥效較硝酸鈉好，因其鈣離子具有改善土壤之物理性質。

(4) 尿素： $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 為無色粒狀結晶，可溶於水，含氮約為 42 ~ 46 %，為固體氮素肥料中成分最高者，具有吸濕性，施用不便，為減低其吸濕性，常做成粒狀尿素，尿素呈中性，最宜做為葉面施肥。

(5) 氰氨基化鈣 (CaCN_2)：純者為白色，含氮 35 %，作肥料用之產品為 55 ~ 70 % CaCN_2 ，因含有約 12 % 游離碳素，故呈暗灰色，並有特臭，一般是製成團粒狀來使用。

2. 人工磷肥：

磷肥係促進植物果實發育成熟之主要元素，故又稱為子實肥。

(1) 過磷酸鈣：由含有磷酸鈣〔 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 〕的礦石與硫酸反應而製成含磷酸一鈣〔 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 〕與硫酸鈣（ CaSO_4 ）及其他雜質之混合物稱為過磷酸鈣，為褐灰色粉末。

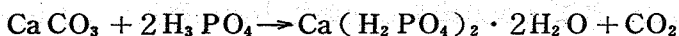
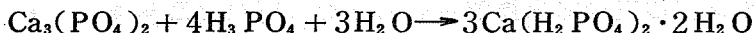


過磷酸鈣為市售磷肥之主要成分，其組成分如表二所列。

表二 過磷酸鈣之成分

成 分	百分率 %	成 分	百分率 %
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	50	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2.2
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	26.6	H_2O	6
SiO_2	7	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	4
$\text{Ca}(\text{HPO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.4	CaF_2	1.5

(2) 重過磷酸鈣：用磷酸代替硫酸以處理磷礦，即將磷礦溶解於 16~78% 之磷酸，其主要化學變化如下：

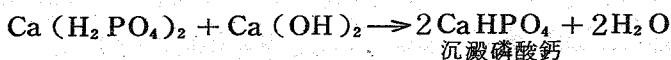
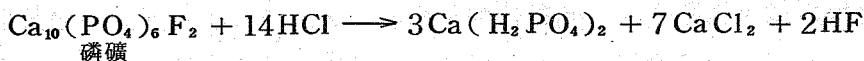


重過磷酸鈣通常含有 6~13% 之游離磷酸，所以難以乾燥，不易撒施，一般可供作堆肥或與乾土混合後施用。

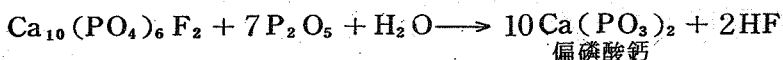
(3) 鹼性熔渣：又稱 Thomas 磷肥，為 Thomas 氏所發明，為磷酸四鈣（ $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ）、磷酸鈣及矽酸鈣之複鹽。

(4) 熔磷：係以磷礦石及蛇紋石等含鎂礦物為原料，在電爐內冶熔而成。全名為鈣鎂磷肥或含鎂熔製磷肥，簡稱熔磷。

(5) 沉澱磷酸鈣：將磷礦加入鹽酸使其溶解，形成磷酸一鈣及氯化鈣，經過濾後加入石灰，產生磷酸二鈣沉澱，稱為沉澱磷酸鈣。其反應如下：



(6) 偏磷酸鈣：使磷燃燒於一爐中，爐之上部堆積磷礦石塊團，當燃燒氣體上升與磷礦石接觸時，即起化學反應，而生成偏磷酸鈣。



3. 人工鉀肥：

大多使用天然鉀鹽，如氯化鉀、硫酸鉀等加工而成。鉀肥對植物纖維素助益很大，能使其莖桿健壯，增加抗病能力，因此鉀肥又稱為莖肥。

(1) 氯化鉀：肥料用之氯化鉀為含 65~70% KCl，一般製成含 K_2O 50% 及 60% 兩種氯化鉀。

(2) 硫酸鉀：為白至褐灰色之粉末，至少含 K_2O 40%，不具吸濕性，最宜與其他肥料混合，在土壤中可中和石灰結合成石膏，而使土壤中鈣不致於流失，對土壤及植物有益。

(3) 硫酸鉀鎂：含 K_2O 26~30%，硫酸鎂 26% 以上，為水溶性。

(4) 重碳酸鉀：含 K_2O 46%，不僅可提供植物所需要之鉀外，其副成分碳酸在土壤中可溶解磷、鈣等化合物，提供作物養分。

4. 混合肥料：

肥料中含有三要素之二或三種者稱為混合肥料。混合肥料之型態有二：其一為鹽內之陰陽離子均為肥料之要素之一而用化學方法製造而成的，如磷酸銨〔 $(NH_4)_3PO_4$ 〕、硝酸鉀（ KNO_3 ）等。其二為由兩種或兩種以上之前述氮肥、磷肥或鉀肥混合而成。最合乎理想的肥料鹽類，應為其所含陽離子或酸根（陰離子）皆為作物之有效養分，如此施用後可完全被植物根部所吸收利用，也無廢物或其他有害成分殘留在土壤中。

三、結 論

為使人類免於飢餓，進而改善生活，農產品必須增產，而施用肥料以供給作物充分的養分對作物增產乃為一最有效而迅速的方法。然而為達到施肥增產之目的，在施用肥料時除應考慮施肥量、施肥時間、肥料種類及施肥方法之外，肥料成分中之其他元素之含量比例，肥料價格、水溶性、持久性、緩效性、植物吸收率、流失率、肥料型態及施用後對土壤酸鹼性之變化等都必須加以衡量，如此俾能達到施用肥料之目的。

四、參考資料

1. 盛澄淵編著：肥料學，正中書局。
2. 高中基礎理化（下冊）第二次修訂本。16.5 肥料的製造與應用。