

105421

基本館藏

工農技術人員手冊

肥料手冊

編達學程

中華書局出版

本書內容提要

編者有鑒於肥料對於農業生產的重要，因此肥料科學的普及和提高，實感迫切需要，所以特彙集了國內國外各方面對於肥料的施用和積製的資料，結合個人的工作經驗，編成這本手冊，以供應用。全書分總論和各論二部分。在總論裏闡明肥料學的基本原理和施肥法則；在各論中分別說明各種肥料的性質、積製和施用方法，以及各地肥料的試驗成績。並將各種肥料的成分和簡易測定方法，也附帶編入，以便農業工作者的參考。

◎ 印翻得不 · 權作著有 *

一九五二年三月初版

工農技術人員手冊

肥料手冊 (全一冊)

◎ 定價人民幣九千八百元

程學達

編者 程學達
出版者 北京西總布胡同七號 中華書局

印刷者 上海澳門路四七七號 中華書局上海印刷廠

發行所 三聯中學商務圖明聯營聯合組織
中國圖書發行公司
總管理處：北京鼓鑪胡同六六號

分發行者 中國圖書發行公司各地分公司

(五一·滙型·三六開·一〇〇頁)

總目編號(15674) 印數1-4,000

肥料手冊

目 錄

第一編 肥料通論.....	5—60
第一章 肥料的意義.....	5
第一節 植物養分和肥料要素的意義.....	6
第二節 肥料的組成和分解.....	12
第三節 肥料的分類.....	15
第二章 肥料的反應與配合.....	19
第一節 肥料的反應.....	19
第二節 肥料的配合.....	21
第三章 肥料的效果與評選.....	26
第一節 肥料的吸收率與肥效率.....	26
第二節 選擇肥料的條件.....	31
第三節 肥料評價.....	33
第四章 施肥的方法.....	36

第一節	施肥的預措	36
第二節	施肥的方法	37
第三節	施肥時期、分量及深度	38
第四節	各種作物施肥法	39
第五章	肥料試驗與檢驗	50
第一節	肥料試驗的方法	50
第二節	肥料試驗的種類	55
第三節	肥料含雜的鑑定法	56
第二編	肥料各論	61—191
第六章	農場肥料	61
第一節	人糞尿	61
第二節	廐肥	74
第三節	堆肥	88
第四節	油餅和糟粕	95
第五節	綠肥	102
第六節	魚肥	111
第七節	禽糞和蠶沙	115
第八節	動物粉和毛髮、缸垢	120

第九節 骨肥	124
第十節 灰類	129
第七章 化學肥料	133
第一節 硫酸銨	133
第二節 硝酸鈉或智利硝	141
第三節 石灰氮	145
第四節 硝酸鈣	149
第五節 其他各種固定氮素肥料	153
第六節 過磷酸石灰	155
第七節 湯馬斯磷肥	162
第八節 其他各種磷酸質化學肥料	164
第九節 鉀質化學肥料	165
第八章 混合肥料	169
第一節 磷酸銨	169
第二節 硝磷鉀	171
第三節 銨磷鉀	172
第四節 路那磷和路那磷鉀	172
第五節 硝酸銨鉀	173
第九章 雜肥及細菌肥料	174

第一節 河泥及肥土	174
第二節 燧炭	175
第三節 磷礦粉	176
第四節 鉀鹽礦	177
第五節 細菌肥料	178
第十章 間接肥料	182
第一節 石灰	182
第二節 食鹽	186
第三節 綠礬	187
第四節 木炭和煤渣	188
第五節 烟塵和泥炭	189
第六節 刺激肥料	189
附 錄	192—198
一 肥料分析表	192
二 歷年化學肥料進口統計表	197
三 肥料要素改算表	198

肥料手冊

第一編 肥料通論

第一章 肥料的意義

人類社會自游牧時代發展到農耕時代，就漸漸發明了培肥保土方法，不過古時候的肥田物料，極為單純，只有糞草一類；更早的時候，甚至只曉得以糞尿為唯一的肥田物料。嗣後由於社會逐漸的發展，人類的需要提高，已有的生產方法是不能滿足人們的需要；因此農業的耕作，不得不由粗放而趨於集約。由於精耕細作的關係，發展了施肥的方法和種類，並擴大了肥田物料的意義。

在從前人口稀少，土地廣漠的時代，農家收穫作物以後，把耕地暫作休閒，即可培養地力。可是到了今日，因人口增殖的結果，衣、食、住的需要益增，生產這三項原料的耕地又有一定限度，所以土地就沒有長時休閒的餘裕了。不僅如此，就是同一塊的耕地，每年尚要得數次的收成；所以地力的消耗愈大，肥料的需要愈感急切，但是維持地力而增施肥料，並不是一樁簡單的事情。盲目的施用多量的肥料，不但徒耗金錢，而且未必可使作物出產增加。因此應該更深入的瞭解各種肥料的由來、性質和用法，植物的營養和生理特性，以及與土壤、氣候的關係。這一系列的問題，也就是肥料一科的綱領。

近年來科學進步很快，肥料一科也漸漸的發達起來；爲維持或增進土地的生產力，而施用肥料的種類，已經增加不少，而且日新月異的繼續發明出來；因此各國學者對於“肥料”一語的解釋，意見頗不一致，有些的解釋，未免過於廣泛，有些又未免偏於過狹，尙無完好的定義。著者不自諒的擬定如下：凡施用於土壤的物質，直接或間接的可以幫助植物生育，俾可增加收益的，叫做肥料。我們都曉得，直接或間接能幫助植物生長的物質雖然很多而且很好，例如：硝酸鉀和磷酸鉀，都是富有肥料的成分，但是因爲價格很高，出產的很少，用了不經濟，有時得不償失，這些就沒有利用的可能，因而不能把它叫做肥料。

“肥料”二字，我國古書上很少看到，延用的由來，或謂起始於日本。歐美“肥料”一詞，都是導源於家畜的排泄物，例如：英語叫做“Manure”，德語叫做“Dünger”，法語叫做“Fumier”，意語叫做“Fumio”，都是糞尿的意義。至於英語的“Fertilizer”和法語“Engrais”，大抵含有人造肥料或化學肥料的意思。總之要體會肥料的意思尙須連繫以下各節。

第一節 植物養分和肥料要素的意義

供給植物營養的各種物料，叫做植物養分，各種植物養分，目前已被科學家測知的約有二三十種元素，此中需要量較多的有碳、氫、氧、氮、磷、鉀、硫、鈣、鎂、鐵等十大元素。碳、氧來自空氣中，氫、氧可由土中的水或空氣供給，其餘的七種元素（部份的植物如豆科，可以由它的根瘤菌吸收空氣中的氮素），都是取給於土壤。空中的氣體和土中的水分（除旱魃時），可以取之不盡，用之不竭，但仰給於土壤供應的各種元素，尤以氮、磷、鉀三種，經常感到

缺少。因此普通所用的肥料，其主要成分，即此三種，特稱之為肥料三要素。又土壤的反應和物理性質，與植物生育也具有密切的關係，有機質能改良土壤的理性，鈣能中和土壤酸度，因此有時常把有機質和鈣與三要素視為同等重要。

各種植物營養素或養分，都是與其他的元素成化合物狀態而存在於肥料中。假如它的化合物狀態能適於即刻被植物吸收利用的，叫做速效性肥料。相反的，如植物不能直接吸收利用的，叫做遲效性肥料。前者如硫酸銨、過磷酸石灰、硫酸鉀和已腐熟的人糞尿等，後者如毛、髮、蹄、角和未經腐熟的油餅、糞草、血肉等。遲效性肥料也叫做潛蓄營養料，經適當的處理後，可變為速效性肥料。

各種營養素，對於植物均有特殊的功用或作用，茲說明如下：

(1)氮素：氮素是最重要而價值最貴的一種植物營養素，土壤中也最覺缺乏。它的功能：(a)幫助植物莖葉生長茂盛，加深莖葉的色澤。(b)植物對於磷、鉀及其他要素的需用量，常受氮素所左右，因此氮素特別重要。(c)氮素能影響植物的開花與子實的品質。例如多施氮素肥料，常延遲植物的成熟期，表現秀而不實現象。使植物莖葉柔嫩，在葉菜類，認為是良好品，而在瓜果、穀實等作物，則嫌其柔弱，抗力不強。(d)氮素在植物乾物質中平均不過1.5%，但其功能迅速並無其他要素可以代替，而農產物的蛋白質含量，每隨施用氮肥量而增加。

(2)磷素：普通土壤中含磷素的分量，很少能達到0.10%，且大部分為不溶性狀態，難被植物利用，因此磷素列為肥料三要素之一。磷對於植物的功

用：(a)磷為細胞核質物所必需的成分，無磷或缺磷，植物細胞便不能繁殖。(b)可給態的磷，利於種子的發芽，幼根伸張。(c)多施磷質肥料，可使收穫物千粒重和種實與莖稈比例增高。此點與氮素成相反作用。(d)磷素能促進植物開花結實，使作物成熟早些，與氮素相反。

(3)鉀素：土壤含鉀量較氮、磷豐富，日本二百種土壤，平均含鉀量為0.188%，中國土壤，據中央地質調查土壤研究室研究結果，認為：中國土壤68%不需鉀肥，另14%在一般作物也不需施鉀肥，需要施鉀肥的僅有18%。但鉀易於溶解流失，與氮相同；因此亦需時常增施。鉀對於植物的功用：(a)鉀與植物光合作用有密切的關係，因此大凡栽培甘藷和澱粉料的作物，必須供給多量的鉀肥。(b)鉀素能使植物莖葉生長堅韌，使植物不易倒伏。(c)多施鉀肥，可以增強植物的抗病力量，如麥子的銹病，牧草的黴害，有時都由於鉀素的供給不敷，而使之發生。(d)鉀素對於植物蛋白質的生成也具密切的關係，尤其含蛋白質比較豐富的豆科作物，必須多施鉀肥，才可以使它長的好些。(e)鉀素能使植物細胞充實。

(4)鈣素：鈣在土中的分佈量較多，但易於流失，並且植物需要它也較多，因此土中常感覺鈣素的不足。鈣能：(a)促使植物根毛發達。(b)中和植物體內有機酸和土壤的酸度。(c)鈣的化合物對細胞膜的生成有關，且可使細胞膜堅固。(d)植物葉子同化作用而來的澱粉粒，其在植物體內運轉與合成，都需要鈣參與作用。

(5)鐵：鐵與葉綠素的生成有關，經過實驗的證明，植物缺少了鐵或失其利用鐵素的機能時，植物遂呈白色。但一般土壤，均富於鐵的化合物，是否須

要施用含鐵質的肥料，目前還沒有實例。

(6)鎂：鎂與鈣的化學性質，很相似；然彼此不能替代，必須有適當的比例的存在，才可使植物獲得正常的生育。各種植物所須要的鈣、鎂的比值，常有一定，例如：小麥、稻所需要的氧化鈣與氧化鎂比值為一，蔥和甘藍為二，豆科作物為二至三，煙草為四。又鎂為葉綠素的主要成分，其化合物聚集於種實、花、果、根塊等處，且較鈣素多些。因此鎂與種實的生成和光化作用都具重要作用。又鎂的存在對於磷的同化和蛋白質的生成也有密切的關係。但鎂鹽尤以氯化鎂存在多量於土中，而無適量的鈣鹽伴存，則易呈有害作用。

(7)硫磺：硫是重要植物營養素之一，學者們主張三要素之外，更加鈣、硫為肥料五要素，因此可見其重要。它的作用約有三端：(a)硫磺施於土中，因硫磺菌的作用可以變成硫酸，使土中不溶性礦物質變為可溶性礦物質。(b)硫為蛋白質的成分之一。(c)油菜、蘿蔔、蔥、蒜等具有特別芳香的氣味，均因有硫質的緣故。

(8)鈉：鈉的功能，還沒有定論。鈉的化學性質雖與鉀相似，但不能代替鉀的功能。根據一般栽培試驗，土中因鈉的存在，可以減少鉀的用量。同時纖維植物，每須少量的氯化鈉。

(9)碳素：碳素佔植物乾物量約 45%，而二氧化碳又為植物光化作用的主要原料；所以碳素也是不可少的一種元素。尤以二氧化碳存在於土壤溶液中，可以促進磷、鉀化合物的溶解，對於植物的營養具有很大的作用。

(10)有機質：有機質為維持地力最重要的物質，通常與肥料三要素並重。有機肥料評價的時候，每於三要素的價值外，更加入有機質。至於有機質的

主要功用，是改良土壤性質，如保持水分、肥分和改善土壤的構造，以利植物的生育。

此外，與植物營養有關的元素或物質，種類很多，而由人爲加施的肥料，也復不少，頗難詳細列明，請參考植物生理學，即可了解。總之，各種的植物營養素對於植物的生育，都有特殊的作用，缺一便難望生長良好。不獨如此，即外界的因素，如光、熱、氧氣、水分，更足以影響植物的生育。栽培者應該詳查各種植物的特性和植物所處的環境，而行人爲的調整。“施肥”就是人爲的調整工作中的主要工作之一。

又一般植物的營養分總要各有一定的分量，如果一種成分的分量不足，就是其他成分的分量雖然怎樣豐富，植物也決不能生長發育。換句話說：就是植物的收穫量是爲最少量的養分所支配的，這種事實，稱爲李比希的最少養分律 (Liebig's law of minimum nutrient)。不單是各種養分而已，還有水分、光、熱、氧氣、溫度等種種條件，都是一樣，所以要把這定律更加擴大起來，即成爲適用於一切植物生長要素的最少要素律了。這個一定不易的真理，可以作爲我們栽培施肥的基本指針。

更應注意的：在支配植物生長諸因子相互間關係方面，蘇聯土壤學家威廉斯氏會應用實驗結果，創造了諸因子相等重要學說；在改進農業的各種措施，假如忽略了任何一個因素，那末措施效果的減低是必然的後果。這種事實的認識，否定了錯誤的爲資產階級服務的因子作用遞減法則。

再其次我要說明的：土中的營養料，每年是要隨作物收穫而移去。各種作物所移去的成分、種類和數量，各有不同，由下列的表格，可以看出一般的

表一 各種作物每市畝每年由土壤中吸取氮、磷、鉀三要素分量表
(單位市斤)

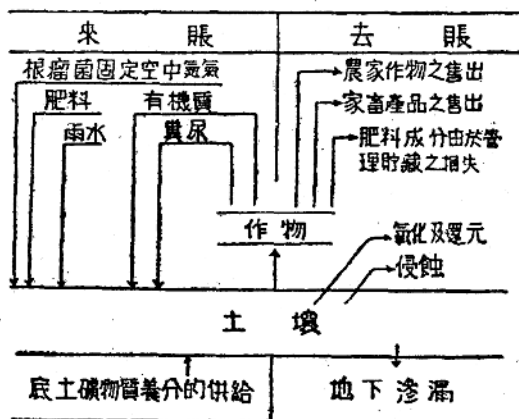
作物	據 Jacob Coyle			據 Van Slyke			備註
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
稻作	16.7	9.8	12.8				
煙草	13.6	4.1	21.8	8.9	1.2	11.8	
紫苜蓿	25.0	7.7	24.2	18.1	4.5	15.15	
香蕉	12.7	3.5	41.2				
棉花	20.3	13.0	21.8	6.1	2.2	4.8	
玉蜀黍	13.0	5.7	15.15	9.0	3.9	10.0	
橙	5.6	2.6	6.3				
波蘿	47.4	16.3	32.0				
馬鈴薯	5.0	2.8	15.15	4.8	2.0	6.4	
大豆	13.6	4.5	6.3	13.3	3.6	8.5	
甘蔗	8.6	8.5	33.3			5.5	
甘藷	9.4	2.2	13.6				
茶葉	5.0	0.9	2.4				
小麥	8.0	3.7	18.9	6.4	2.5	3.2	
大麥	8.3	3.3	7.7	6.1	2.2	7.7	
苧麻	24.4	13.6	17.1	8.1	2.7	4.1	
大麻	15.4	12.8	22.0				

作物吸取氮、磷、鉀三要素量的情況。

根據上表的說明：有的需要氮特多，有的需要磷較多，從保持地力上設

想，凡土壤中氮氣含量少的土地，就不宜栽培需氮最多的作物，如果必須栽培的話，也要特別多施氮肥，不過這樣未必合乎經濟原則。土壤中的養分，除了由作物收穫移去以外，在自然狀況下，也有因為土壤排水、沖刷和化氣飛散而損失，所以合理的管理土壤和水土保持，也是為保持地力的重要工作。

圖一 植物營養料賬單



在自然狀況下，土壤中的養分，雖然可以由於上面所說的諸因素而失去；但另一方面，除了施肥而增加養分以外，如降雨、細菌作用、底土成分的上昇和灌溉水分等關係，也可以增加土壤的植物養分。上面的一個賬單，可以了解其大概（參考彭家元）。

第二節 肥料的組成和分解

肥料也與普通物質一樣，是由各種元素或由元素結合而成的元素團互

相結合而成的。組成肥料的元素或元素團，不論它是有機或無機，複雜或簡單，凡能適應作物土壤吸收利用的，叫做肥料主成分；其餘的成分，叫做副成分。主成分均為肥料要素，副成分則未必。例如：硫酸銨 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 是由銨根和硫酸根而成的銨鹽，其中的氮素，就是組成中的主成分，而其餘的硫酸根，即為副成分。此外，如氯化鉀的鉀，過磷酸石灰的磷酸，人糞尿和醬粕中的氮，都是主成分；但氯化鉀的氯，過磷酸石灰中的氧化鈣和硫酸鈣，人糞尿和醬粕中的氯化物，都是肥料的副成分。

一般作物利用肥料的主分量比較副成分要多些，因此當肥料施於土中，其中的主成分是被作物利用了，而副成分則遺集於土中，影響於土壤的性質很大。例如：常用硫酸銨的土壤，每每由硫酸的集積，使土質變酸。常用硝酸鈉的土壤，硝酸根是被作物利用了，而將鈉遺留於土中，久之使土性呈鹽基性反應。有些肥料的副成分還能影響作物的品質，例如：人糞尿和氯化鉀中的氯素，可以影響烟草的燃燒性，降低了烟葉的品質；但也有些副成分可以幫助作物生育的，例如：氰化鈣中的氧化鈣，海藻中的碘，都是有益無損的。因此我們選擇肥料，除了要注意主成分外，還須對於副成分加以注意，正如西藥中的副作用一樣。

肥料施於土壤之後，其組成常發生變化，是為肥料分解。肥料的分解，極為複雜，尤以有機肥料。

無機肥料大都為水溶性的，施到土壤的時候，遇到土壤水分或土壤溶液，即可起水解作用，成為離子狀態，而被作物利用；無分解變化可言。例如：硫酸銨經水溶以後，則解離為銨離子 (NH_4^+) 和硫酸離子 (SO_4^{--}) 。所生成

的銨離子或被作物直接吸收，或者經過硝化作用，變成硝酸根而被作物利用；變化很簡單。其他各種無機肥料，也都很單純。

至於有機肥料，變化並不這樣單純。隨着有機肥料的種類和土壤狀態，其分解變化和分解後所生成的產物，就大有差別了。大凡在沼澤多濕的土地，如林地、牧草地和水田，由於空氣的不流通，有機質分解生成物，大部分為沼氣、硫化氫、氫、游離氮和有機酸，所生成的腐植質多半呈酸性反應。反之，在乾燥地帶，如旱地和排水良好的土地，由於空氣流通，有機質分解產物，大部分為二氧化碳、水分、亞母尼亞和有機酸，所生成的腐植質呈中性反應。因此土壤的物理性質，可以決定有機物質分解產物的種類，也可以影響分解作用進行的速度。同一土壤環境，有機質分解進行的快慢與產物的種類，每隨有機肥料種類的不同，也有差別。大凡含氮有機質的分解產物，其主要成分為銨鹽，貧氮有機質為有機酸類；而分解的快慢，是與有機質中碳、氮率的大小成反比例，例如：麥稈的碳、氮率比稻稈大，那麥稈就比稻稈難以分解；樹脂等可以妨礙有機質的分解；新鮮物質比乾燥物質分解得快些；動物性比植物性容易分解；這些都足以說明：由於有機質肥料種類的不同，可以影響它的分解作用的進行。至於有機質分解作用的基本力量，是由於微生物的活動。微生物的種類很多，參與有機質分解的微生物，可分為二類：一為細菌類，一為黴菌類，前者在空氣流通的地方比較活動顯著，後者在低濕的地方易於繁殖。二者都須要適當的溫度和濕度，並且更須有適當的培養基（即營養分），才能發育繁殖旺盛。

有機物質的分解，雖極複雜，但有機肥料多是含氮化合物，其分解到最

後便生成銨鹽。這種作用叫做銨化作用 (Ammonification)，施肥上最應注意的。例如：存在於有機肥料中的氮化物如蛋白質、尿素、核質物等，其中的氮不能被植物直接吸收，必須經過細菌分解變成銨鹽類的狀態，才可以吸收。又由含氮有機物分解所生成的銨，或直接施用於土壤的銨鹽，大都再經一種細菌（如硝酸菌類）的作用氧化了變為硝酸。這種作用，叫做硝化作用 (Nitrification)。普通作物對於硝酸態氮的吸收常比銨態氮的吸收要適宜一些，因此，硝化作用，在農業上要算是有益的作用。硝酸菌類的繁殖，必須有 5° — 55°C 的溫度，尤以 37°C 為最適宜，所以夏季比冬季易於繁殖旺盛。同時尚需要氧氣和石灰質，因此空氣暢通排水良好的壤土和富含石灰質的土壤，才適於硝酸菌的繁殖，水田和乾燥的土地，都不很相宜。土壤中又有和硝化作用完全相反的化學變化，能把作物最適宜的氮素肥料硝酸還原，變成亞硝酸、銨、或游離氮等；這種作用，稱為硝酸還原作用 (Denitrification)，損失作物有用的養分，是農業上最忌禁的。主司這種作用的細菌稱為硝酸還原菌，有十餘種。在空氣不流通的土壤，尤其是多含腐植質的，或施用多量新鮮廐肥的土壤，硝酸還原菌特別易於繁殖。新鮮畜糞不應和可溶性氮素肥料混用，也就是這個理由。

第三節 肥料的分類

肥料分類的基本要求，是想把多種的肥料作有系統的歸納，以便研究；由於肥料分類，對於肥料意義的解釋，也可以深入一些。惟目前關於肥料分類還沒有適當的標準，通常採用的方法有如下列各種：

(一)依肥料的性質分類：依肥料性質分類的時候，可以把各種肥料分為