

大學叢書

肥料學

彭家元著

商務印書館發行

大 學 叢 書

肥 料 學

# 大學叢書委員會

## 員 委

丁燮林君 李聖五君 竺可楨君 唐 鉞君 傅斯年君  
王世杰君 李權時君 胡 適君 郭任遠君 傅運森君  
王雲五君 余青松君 胡庶華君 陶孟和君 鄒 魯君  
任鴻雋君 何炳松君 姜立夫君 陳裕光君 鄭貞文君  
朱經農君 辛樹幟君 翁之龍君 曹惠羣君 鄭振鐸君  
朱家驊君 吳澤霖君 翁文灝君 張伯苓君 劉秉麟君  
李四光君 吳經熊君 馬君武君 梅貽琦君 劉湛恩君  
李建勛君 周 仁君 馬寅初君 程天放君 黎照寰君  
李書華君 周昌壽君 孫貴定君 程演生君 蔡元培君  
李書田君 秉 志君 徐誦明君 馮友蘭君 蔣夢麟君  
顧頤剛君 羅家倫君 顏福慶君 顏任光君 歐元懷君

大 學 叢 書  
肥 料 學

彭 家 元 著

美 國 愛 阿 瓦 州 立 大 學 農 學 碩 士  
國 立 中 山 大 學 農 學 院 林 化 學 系 主 任  
兼 肥 料 學 教 授  
廣 東 土 壤 調 查 所 技 正

商 務 印 書 館 發 行



## 自序

農作物殖之家畜，斷無有不給飼料，或食不飽，而能有多量乳肉之收益者。故千里馬必有千里之食，此就量而言也。飼料之品質何如，亦大有關係，何者能增乳量，何者能促肥育，皆爲飼養家畜所當悉心研究者。

培植農作物之理亦同，不施肥，縱係沃土亦必逐漸減少收成，施肥不足尤難望豐收。或以爲依此言之，則多施肥可也，執此說者無異謂有病者服藥即能治愈，殊不知昧於病理，與乎藥性，亂投亂服，定難濟事，且有危險之虞。

肥料大別爲兩種，卽天然肥料，與化學肥料是矣。天然肥料大都容積大，效力緩，然富於有機質，有改良土壤之效，我國自古習用；惟糧食與原料需要日增，而天然肥料之供給有限，是不能不謀化學肥料之補充。化學肥料概爲無機質，濃厚而效速。殖之中藥與西藥，性質效力各有不同。如仍依舊法主方，某味幾錢，某味幾分，不問病之深淺，年齡老幼，未有不致人於死者。中國農民缺乏知識，例如中醫之用西藥，此近年嘗聞化學肥料之有損田土，減少出產之所由起也。吾人以科學之立場觀之，化學肥料之本身，固有缺點，用之得當，確可增加生產。外國農民對於氮，磷，鉀三種肥料，常知配合使用，而我國農民僅知用硫酸銻之一種氮氣肥料，而忽視磷鉀肥料，甚至不與天然之有機質肥料并用，此又係失察之一端。

故天然肥料之如何提倡，化學肥料之如何使用，以補救目前肥料不足之恐慌，同時務期有利無弊，得最良好之結果，是不能不於各種肥料之性質，及施用法加以研究也。更有奸商攪假，魚目混珠，關於肥料之選擇鑑別，亦不

能不加以注意者也。

本書係著者在中山大學農學院所編講義，積多年之修訂而成。全書共二十一章，每星期講授三小時，就其大意長者一章十餘頁至二十餘頁，一星期可以授完，短者數頁，兩星期可授三章，足敷一學期大學授課之用。農業高中亦可以本書作參考，摘要教授，不必按照章節，依次講授。

本書參考之中西圖書雜誌皆一一註明其來源，以昭信實，而啓學生求學之門徑。

本書所用化學名詞多採慣用者，例如 Ammonia 譯爲「亞母尼亞」，最近（二十一年）所頒佈者爲氮，Ammonium 譯爲「銻」而最近命爲「鉍」；「磷」代「磷」，「炭」代「碳」。至於 Amino, Amine, Amide 仍採用氨基、胺、醯胺等。Creatine, Leucine, Tyrosine, Caproic acid, Mercaptan, Phytin, Neudlein, Lecithin, Indol, Scatol 等有機化合物之譯名，有依教育部所頒佈化學命名原則者，有屬自創者，有未尋得適合之名稱者，然所有譯名皆覺生硬，故均附英文原名，或較譯名反易於了解也。又書中有所謂磷酸指  $P_2O_5$  而言，非化學中所謂磷酸；加里係 Kali 之譯音，指  $K_2O$  而言，與鉀 (K) 不同，此皆肥料學中慣用之名詞也。

著者淺學菲才，缺乏經驗，且不惜文筆，因此書中所述有粗淺杜撰之處，且難保取捨錯誤，有失正軌者，讀者如不辭煩勞，加以指正，則幸甚矣。

蜀西彭家元

民國二十四年二月於中山大學

## 謝 誌

---

本書插圖蒙羅熊先生  
代製十幅張瑞麟先生  
代製二幅對於本書之  
完成上多賴贊助深爲  
感謝

農 諺

不上糞，瞎胡混。

巧做還得多上糞。

楊柳青，糞如金。

糞大蘿蔔粗，要糞草，得養豬。

耕地不上糞，譬如胡打混。

掃帚响，糞堆漲。

家裏土，地裏虎。

薄地長不出壯麥子。

糞在衣爲垢，在田爲肥。

種地不上糞，到老不中用。

稻子只要安窩糞。

# 列表目次

表一	重要植物食料之來源	三
表二	全國糧食每畝產量之趨勢	九
表三	洋米進口海關統計	一〇
表四	世界主要肥料及其三要素之消費量	一一
表五	報酬漸減律之證明	一三
表六	施肥與地方之關係	一四
表七	各種作物每英畝每年由土壤中吸取氮磷鉀三要素量	二三
表八	廣東土壤肥沃度大概	三五
表九	人糞尿價值之估計	五一
表十	人糞尿之平均成分及每人之產額平均	五三
表十一	年齡與人糞尿成分之關係	五四
表十二	生活程度與糞尿之關係	五四
表十三	日本人與歐洲人之糞尿成分比較	五五

表十四	日本農夫與歐洲農夫之糞尿成分比較.....	五六
表十五	活性污泥所含肥料成分比較.....	六九
表十六	飼料中氮磷鉀及有機物排泄於糞尿中之百分數.....	七二
表十七	飼料中乾物排泄於糞尿者百分率.....	七三
表十八	每年每頭家畜可產糞尿量.....	七四
表十九	同體量之家畜糞尿所含要素量.....	七五
表二十	牛糞尿之組成.....	七六
表二十一	馬糞尿之組成.....	七七
表二十二	羊糞尿之組成.....	七八
表二十三	豬糞尿之組成.....	七八
表二十四	無水物糞尿內植物養分量.....	七九
表二十五	家禽糞之組成.....	八一
表二十六	蠶糞之組成.....	八二
表二十七	廐肥所含三要素量.....	八四
表二十八	各種標草對於水分及亞母尼亞之吸收力比較.....	八六

表二十九	廐肥成分與堆積鬆緊之關係	九三
表三十	廐肥成分與遮被之關係	九四
表三十一	廐肥堆積管理法與成分比較	九九
表三十二	廐肥對於土壤有增加水分力之證明	一〇七
表三十三	乾旱時廐肥與人造肥料之比較	一〇七
表三十四	施用廐肥後對於土中細菌之增加	一〇八
表三十五	廐肥氮氣與同量他種氮氣肥效之比較	一〇九
表三十六	新鮮廐肥與腐熟廐肥對於小麥產量比較	一一一
表三十七	大豆成分與收穫期之關係	一二五
表三十八	蹄角粉之成分	一四一
表三十九	牛皮成分	一四二
表四十	蒸製後之牛皮氮素含量	一四二
表四十一	羽毛類之肥料成分	一四三
表四十二	蝦糠魚鱗分析表	一四六
表四十三	乾魚之成分	一四六

表四十四	乾魚之氮素磷酸脂肪含量.....	一四七
表四十五	祕魯海鳥糞組成百分數.....	一四九
表四十六	豆餅成分與壓搾法.....	一五〇
表四十七	大豆餅油菜餅等之三要素平均含量.....	一五一
表四十八	大豆餅及油菜餅之各種磷酸化合物.....	一五二
表四十九	各種新鮮糟粕類之成分.....	一五四
表五十	各種獸骨成分平均表.....	一八二
表五十一	生骨與骨粉成分比較.....	一八七
表五十二	西沙羣島海鳥糞分析成績.....	一九四
表五十三	湯馬斯磷肥之組成.....	二一一
表五十四	湯馬斯磷肥效能比較.....	二一四
表五十五	草木灰之平均組成.....	二一九
表五十六	鉀瀉鹽平均成分.....	二二三
表五十七	光鹵石平均成分.....	二二四
表五十八	鉀巖鹽平均成分.....	二二五



表五十九	坡力海乃特平均成分.....	二二五
表六十	氯化鉀之成分.....	二二六
表六十一	硝酸鉀分析表.....	二二二
表六十二	銹磷鉀組成之表示.....	二二三
表六十三	磷酸銹之效力比較.....	二三五
表六十四	河南硝土之分析.....	二三七
表六十五	各種作物所適宜之 pH.....	二四六
表六十六	酸度與石灰需要量.....	二五〇
表六十七	諸種肥料之氮氣被吸收率.....	二六一
表六十八	氮質肥料效率與生產量之比較.....	二六三
表六十九	固定氮氣肥料與有機態氮氣肥料肥效比較.....	二七二
表七十	各種氮氣肥料較不施肥者每英畝增收磅數.....	二七三
表七十一	鉀質肥料肥效比較.....	二七六
表七十二	肥料配合方式及配合量之一例.....	三〇八
表七十三	適於稻作肥料配合之一例.....	三二三

表七十四	適於甘藷肥料配合之一例	三二七
表七十五	三要素與棉花產量之試驗成績	三二九
表七十六	果樹作物施用肥料要素標準表	三三二
表七十七	肥料方式表(三要素標準施用量)	三三五
表七十八	應用肥料配合方式表	三三六
表七十九	每畝施用化學肥料用量表	三三八
表八十	用學生法計算偶差之一例	三五九

# 插圖目次

一	最少養分律.....	七
二	有機質對於土壤之影響.....	二九
三	土中植物養料來去賬單.....	三三
五	四川成都各縣堆肥製造法.....	一五
六	紫雲英.....	二四
七	苜蓿及其種子.....	二六
八	紅三葉草 紫苜蓿 田菁.....	二八
九	甜三葉草 深紅三葉草 苕子.....	二九
一〇	胡枝子 豬屎豆.....	三一
一一	海鳥之聚棲及海鳥糞之產生.....	四九
一二	智利硝磺層解剖及轟炸圖.....	五七
一三	智利硝磺經轟炸後之開採情形.....	五八
一四	亞母尼亞合成程序圖.....	六二

- 一五 由氰氨基化鈣製亞母尼亞之裝置.....一六四
- 一六 製氰氨基化鈣之裝置.....一六八
- 一七 氮氣肥料之製造.....一七〇
- 一八 柏克蘭埃得電爐之電極.....一七三
- 一九 柏克蘭埃得電爐之外觀與內容.....一七四
- 二〇 製造硝酸及硝酸鹽類裝置全圖.....一七五
- 二一 磷礦之用水力開採.....一九八
- 二二 過磷酸石灰製造機械之內容.....二〇五
- 二三 過磷酸石灰製造圖.....二〇六
- 二四 斯他斯非特鉀鹽礦層斷面圖.....二二二
- 二五 肥料之施用法.....二九五
- 二六 肥料之混合法.....三一二
- 二七 石灰不可與腐熟廢肥堆肥或含有鉍鹽類之肥料混合.....三一五
- 二八 肥料配合指示圖.....三一七
- 二九 盆鉢試驗.....三五一

三〇 試驗區佈置圖.....三五七

三一 表示土壤須完全翻轉犁入綠肥時尤爲必要.....三七三

# 目次

第一章 導論.....	一
第一節 肥料及肥料學之意義.....	一
第二節 植物營養料及肥料要素之意義.....	三
第三節 速效性肥料與遲效性肥料.....	四
第四節 土壤肥瘠及植物生長之要件.....	六
第五節 最少養分律.....	六
第六節 施肥之必要.....	八
第七節 報酬漸減律.....	一二
第八節 生產增加或減少之原因.....	一四
第二章 植物營養素之功能及其來源.....	一七
第一節 氮氣.....	一七

氮氣對於植物之功用 氮氣之來源及形態

第二節 磷.....二一〇

磷對於植物之功用 磷之來源及形態

第三節 鉀.....二二二

鉀對於植物之功用 鉀之來源及形態

第四節 石灰.....二二五

第五節 鎂.....二二六

第六節 其他元素之功用及其分佈.....二二六

第七節 有機質.....二二八

## 第二章 土壤中植物營養料之損失及增加.....二二一

第一節 栽培作物之損失.....二二二

第二節 隨水流失.....二二七

第三節 土壤的損失.....二二八

第四節 氣體的飛散.....二二九

第五節 植物營養料在土壤中如何保持……………三九

化學的保持 物理的保持

第六節 由土壤中損失之植物營養料種類及多寡……………四一

第七節 土壤中植物營養料之增加……………四三

第四章 肥料之分類……………四五

第五章 人糞尿……………四九

第一節 糞尿之生成……………四九

第二節 人糞尿之重要及其性質……………五〇

第三節 人糞尿之肥料成分……………五二

第四節 人糞尿之管理法……………五七

第五節 人糞尿之施用法……………六一

第六節 人糞尿之消毒……………六三

第七節 人糞尿之利用法……………六七



第六章 家畜糞尿.....七二

第一節 家畜糞尿之性質.....七一

第二節 各種家畜糞尿概述.....七五

第三節 家禽糞類.....八〇

第四節 蠶糞.....八一

第七章 廐肥.....八四

第一節 廐肥之組成.....八五

糞尿之來源及其多寡 稗草之種類及其用量 固體與液體部之多寡 家畜之年齡消化飼料等之影響 管理之如何

第二節 堆積中之變化.....八八

尿素之分解 蛋白質之分解 炭水化物之分解 硝化作用

第三節 肥料成分之損失.....九一

尿液之流失 因滲漏而流失 堆積發酵之損失

第四節 廐肥之堆積管理法.....九五

舍內堆積法 舍外堆積法 深廐法

第五節 減少廐肥中肥料成分之損失……………一〇〇

過磷酸石灰 含磷石膏 硫酸銨 土壤類及泥炭粉 廐肥漏液之處理 堆積管理法摘要

第六節 廐肥之功用……………一〇五

新鮮廐肥 腐熟廐肥

第七節 廐肥之施用……………一一〇

第八節 堆肥……………一一三

## 第八章 綠肥……………一一八

第一節 綠肥之效用……………一二八

第二節 綠肥作物之種類……………一二一

第三節 施用綠肥之決定……………一三〇

何時宜用綠肥 宜用何種作物爲綠肥 栽培綠肥作物之注意事項

第四節 施用綠肥之注意……………一三四

第五節 綠肥中氮素之效力……………一三七

第九章 有機氮質肥料.....一三九

第一節 動物遺體及廢棄物.....一三九

肉粉 血粉 坦克已 角蹄及皮革碎屑

第二節 魚肥.....一四四

生魚 魚類之臟腑及其他廢棄物 乾魚 魚粕

第三節 氮質海鳥糞.....一四八

第四節 油餅類.....一五〇

第五節 糞粕類.....一五四

第十章 無機氮質肥料.....一五六

第一節 智利硝或硝酸鈉.....一五六

產地及製法 生成之學說 智利硝之性質 施用法

第二節 硫酸銨.....一六一

製造法 性質及效用 硫酸銨之施用法

第三節 石灰氮氣.....一六七

製造法 性質及效用 石灰氮氣之應用法

第四節 硝酸鈣或硝酸石灰.....一七三

硝酸石灰之製造法 硝酸石灰之性質 硝酸石灰之應用法

第五節 其他固定氮素肥料.....一七六

尿素 氯化銨 硝酸銨 路那硝 白雲硝

第十一章 天然磷質肥料.....一八一

第一節 獸骨.....一八一

粗骨粉 蒸製骨粉 脫膠骨粉 骨粉之成分 骨粉之肥料的價值 骨粉之鑑定法 骨灰 骨炭

第二節 磷質海鳥糞.....一九三

西沙羣島海鳥糞 其他磷質海鳥糞

第三節 磷礦及磷酸鹽類.....一九五

第四節 糠麩稈.....一九九

第十二章 加工磷酸肥料.....二〇一

第一節 過磷酸石灰.....二〇一

歷史 製造原理 原料之選擇 製造法 磷酸一石灰之變化 過磷酸石灰之性質 鹽基性過磷酸石灰 重過磷酸

石灰 過磷酸石灰施用之注意事項

第二節 湯馬斯燐肥.....二一〇

歷史及製造法 成分及性質 施用法

第三節 其他加工磷酸肥料.....二一五

第十三章 鉀質肥料.....二一九

第一節 草木灰.....二一九

第二節 加里鹽類之給源.....二二一

第三節 加里鹽類之性質.....二二三

第四節 加工鉀鹽.....二二五

氯化鉀 硫酸鉀 碳酸鉀 碳酸鉀

第五節 其他鉀質肥料.....二二九

第十四章 混合肥料.....二三一

第一節	磷鉀	.....	一一三
第二節	磷酸銨	.....	一一三
第三節	硝酸鉀及硝酸銨	.....	一一六
<b>第十五章 石灰及其他間接肥料</b> ..... 一一三			
第一節	石灰及其化合物	.....	一一三
	生石灰	消石灰	炭酸石灰
			磷酸鈣
第二節	石灰之效用	.....	一一四
	化學的影響	生物的影響	物理的影響
第三節	石灰之施用	.....	一一四
	施用石灰與否之判定	何時宜施用石灰	用何種石灰
			施用石灰之其他事件
第四節	其他間接肥料或刺激劑	.....	一一四
<b>第十六章 肥料之效果</b> ..... 一一五			
第一節	肥料之被吸收率與肥效率	.....	一一五

第二節	肥效率與氣候之關係.....	二六三
第三節	肥料與土壤之關係.....	二六五
	土壤之吸收力 土壤之反應 土中有機質 土中養分之形態 石灰率	
第四節	氮氣肥料之效果.....	二六九
	硝酸鈉與硫酸銨之比較 有機態氮質肥料與無機態氮質肥料 固定氮氣肥料之肥效	
第五節	磷酸肥料之效果.....	二七三
第六節	鉀質肥料之效果.....	二七五
<b>第十七章 肥料之選擇及施用.....二七九</b>		
第一節	需肥之推測.....	二七九
	土壤性質 植物生長狀態 土壤分析	
第二節	選擇肥料之條件.....	二八三
	肥效之遲速 土壤氣候及作物之關係	
第三節	肥料評價.....	二八六
	磷肥之評價法 肥料之市價廉否計算法	

第四節	施肥之方針	二九〇
第五節	施肥之預措	二九二
第六節	施肥之方法	二九四
第七節	施肥之時期	二九七
第八節	施肥之其他事項	二九八
第十八章	肥料之反應及配合	三〇〇
第一節	肥料反應論之起源	三〇〇
第二節	肥料反應之意義	三〇一
第三節	有機質肥料分解後之反應	三〇三
第四節	肥料反應與收穫連用之關係	三〇五
第五節	肥料之配合	三〇六
第六節	自家配合	三一一
第七節	配合上之注意	三一三
第十九章	各種作物之施肥法	三一九



第一節 禾穀類.....三二〇

水稻 麥類

第二節 豆類.....三二五

第三節 根菜類.....三二六

第四節 特用作物.....三二八

棉花 煙草 甘蔗

第五節 桑及茶.....三三〇

第六節 菓樹類.....三三一

第七節 蔬菜類.....三三三

第八節 森林植物.....三三四

第九節 牧草類.....三三四

第十節 作物需要肥料概略.....三三四

## 第二十章 肥料試驗法.....三四〇

第一節 肥料之施用量.....三四〇

第二節	肥料試驗之注意	三四四
第三節	肥料試驗之方法	三四七
	水耕試驗法	
	砂耕試驗法	
	盆鉢肥料試驗法	
	圃場肥料試驗法	
第四節	肥料試驗之種類	三五一
第五節	試驗區之處理	三五六
第六節	收穫與計算	三五八

## 第二十一章 我國肥料問題及地方之維持

第一節	天然肥料與化學肥料比較	三六二
第二節	今後肥料政策	三六七
第三節	維持地方增加生產	三七〇

## 附錄

(A)	農產物分析表	三七五
(B)	肥料分析表	三八〇

(C) 肥料要素改算表.....	三八七
(D) 外國肥料逐年進口統計表.....	三八八
(E) 廣州商品檢驗局登記之人造肥料一覽表.....	三八九
(F) 中外度量衡折合對照表.....	三九三
(G) 我國各地商品檢驗局現行人造肥料檢驗規程.....	三九四
(H) 浙江省化學肥料販賣取締處罰規則.....	三九七
(I) 著者名錄.....	四〇〇
(J) 中英名詞對照表.....	四〇二

# 肥料學 (Manures and Manuring)

## 第一章 導論

### 第一節 肥料及肥料學之意義

我國古籍稱肥料爲糞，糞草，糞土；漢汜勝之書載「伊尹作區田教民糞種，負水澆稼，區田糞氣爲美」，卽其例也。肥料二字實起源於近代，意爲肥田之物料。卽無論何物施於土壤，能增進作物之生長與出產者也。

肥料二字，就外國與此相當者；英曰 (Manure)，法曰 (Matière fécale)，德曰 (Düngung)，其意義均導源家畜之排泄物。蓋不論東西洋，在游牧時代進而爲農耕時代，糞尿爲肥田之唯一物料。其後石灰 (Lime)，白堊 (Chalk)，綠肥，相繼施用於田園，於是凡用於土地之改良，或植物營養分之供給之一切物料，稱爲肥料云。

然此解釋肥料其意義偏於茫漠，學者之見解各異，有以直接營養作物之天然物爲限者，卽如農場肥料 (Farm yard manure)，爲肥料之模型，而如石灰，綠肥，泥炭 (Muck 及 Peat) 等非有直接之肥效，已不足稱爲純粹之肥料。又如農場肥料，綠肥，絕不經工業上之操作，且肥料之要素含量少者，稱爲天然肥料 (Natural manure)。

如硫酸銨，過磷酸石灰等爲工業製造物，或加工品，且肥料之要素多者，不問其根源爲人造或天然，總稱之爲人造肥料 (Artificial fertilizers)。又因多半經化學作用而製成，有化學肥料 (Chemical fertilizers) 之稱。此種解釋尙似非完全，其中混而無別者，往往有之。

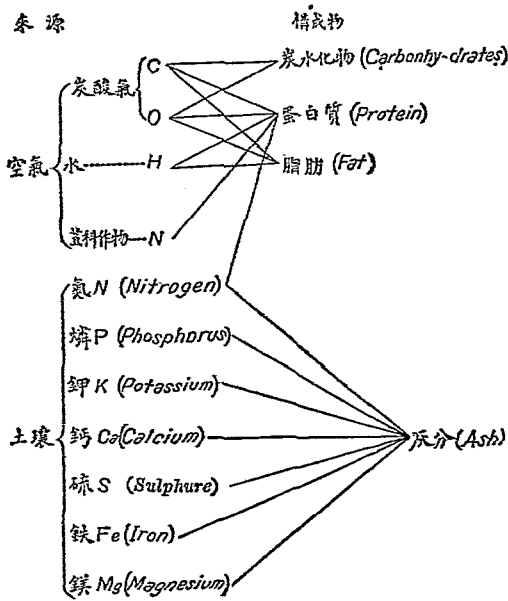
總之，肥料之意義視科學進步，與製工業之程度如何，或從廣義解釋之，或從狹義解釋之，尙無完全之定義。自理論上考之，凡由人爲的供給之養分、物料，能應作物之需要，或使土壤中所含之物質變爲更有效之性狀，或改良土壤之理化學性質，在適當狀況下，能增加作物之生產或品質者皆可稱爲肥料。然自實際上觀之，通常以物料之含有氮，磷，鉀，三要素之一，或一以上者爲肥料。但如石灰，石膏，有機質等，雖不能直接爲作物之養料，然以其能改良土壤之理化學性質，間接扶助植物之生育，稱之曰間接肥料。自氮，磷，鉀，或此等要素之一或二種而成者，稱之曰直接肥料。又一種物質含有三要素者稱爲完全肥料，否則稱偏質肥料或不完全肥料。

人類最初從事耕種時，一切土地大都肥沃，不需肥料之加入，而植物得以繁茂，予人類以最大報酬；時久年遠，土地生產逐漸減退，甚至變爲不毛。故農人之於土地，欲其生產不但不減退，且保持其生產力至於久遠，同時增加產量，改良品質，以達有利之目的時，不能不防止地力之損耗。講求最經濟的植物營養料之利用；同時予植物以適當之環境，俾得利用所施之營養料，得充分之生長，凡此攻究有關肥料施用之事項，乃農學分科，稱爲肥料學。

講求家畜之營養與飼料，稱爲家畜飼養；講求植物之營養與肥料，吾人得稱爲肥培。然肥培非一簡單之事，施用多量天然肥料，或人造肥料未必可使植物繁茂，出產增加；若不明肥料之性質及用法，植物之生理，及肥料與土

表一 重要植物食料之來源

(Source of necessary plant food)



凡資植物生育之物料，稱為植物食料 (Plant food or nutrients) 或植物營養料，直接或間接資植物體之

第二節 植物營養料及肥料要素之意義

壤植物間之關係，皆難達其目的。

構造及其生育者也。此中包括炭、氫、氧、氮、磷、鉀、鎂、鐵十大元素，然炭、氧、氫來自空氣；氮、氧則概自土中之水或空氣而來，其餘七元素則取諸土壤者。惟空氣中之炭、氧，實無盡藏；土壤中之水除旱魃時，其供給之多且易，非其他養料所能比。鈣、鎂、硫之化合物，普通土壤亦甚充分，足應植物之需要（但有時須補給鈣或鎂之化合物者有之）。惟氮、磷、鉀三者土壤中含之既少，而植物卻需之甚切。且吾人年年自土中取去其收穫物，土壤常患此三者之缺乏。故普通之用為肥料，以施之作物者實止於氮、磷、鉀之三要素，即此三者為肥料之主要成分，施用肥料不外補給土壤中此三要素之不足而已，稱為肥料要素。然土壤之富於氮、磷、鉀三要素者，若土壤之反應與物理性質不得其宜，亦難望豐收，有機質雖係化合物然與石灰亦常列入而稱為五要素者。

### 第三節 速效性肥料與遲效性肥料（一）

植物營養料，或植物營養分，在某種化合狀態時，能被植物即刻吸收利用，或在適宜環境之下，能變為如此狀態者，稱速效性肥料，反之植物不能直接利用，或變化甚緩，植物不能吸取相當養分量，以資生長者，稱為遲效性肥料。今舉數例以明之。

#### （A）立刻可被利用之營養料 (Immediately available plant food)

硝酸鹽類之氮素，可以立被吸收，且在土壤中，易溶於水，又過磷酸石灰中之鈣及磷，與氯化鉀，碳酸鉀，硫酸鉀，等所含之鉀素，皆為可溶性，且不必再經若何變化，植物即可利用，故為速效肥料。

(B) 非立刻可被利用之營養料 (Not immediately available plant food)

含氮素之有機物質，如乾血粉，魚粕，棉籽粕，荳餅等不甚溶於水，故不能立時被植物吸收利用。但經土中細菌作用，其中氮素，變為硝酸鹽，即可立刻被利用。然此變化依土壤中水分溫度等狀況，而有遲速。普通此種物質在春季施用，當植物生長期間，大都盡變為可溶性。此外如新鮮廐肥，其中可溶性之成分甚少，必經各種醱酵變化，所有營養成分，始漸變為可溶性。普通以液體居先，固體次之，若多量施用，其肥效可連續數年云。

(C) 完全不能利用之養料 (Wholly unavailable plant food)

某種化合物所含成分，為植物生長之要素，又易溶於水，但被吸收後，并不用為養料，有時助其生長，有時雖微量，亦大有防礙。如此之物質，以嚴格言，不能稱為養料。例如特化鉀，氯化鎂，氯化鈣等，其溶液較為濃厚時，即呈此現象。

(D) 大多數不能利用之植物營養料 (Mostly unavailable plant food)

所謂不能利用 (Unavailable) 之營養料，普通指肥效極緩之物質而言，關於此種物質，例如毛髮，皮，角之類，含有氮素不少，但分解異常緩慢，欲其變為有效之硝酸態，非經若干年後不可。其肥效既如此之慢，故無甚肥料價值。此外磷之鐵鋁化合物，在土壤中存在甚多，欲其變為可被植物利用之狀態，在普通情形，甚為困難，亦列入遲效性，以嚴格言，凡遲效性肥效，不算為植物營養料，只能視為原料。不過經相當變化，可成為植物營養料耳。故遲效性肥料，可稱為潛蓄營養料，依環境及下列條件，可變為有效性。(1) 該物質之化學成分，(2) 粉碎之程度，(3)



土壤理學性質及細菌關係，(4)作物生長狀態而異。凡此種種容後別論。

#### 第四節 土壤肥瘠及植物生長之要件 (Factors in Relation to Soil Fertility and Plant Growth)

吾人常謂土壤肥沃，其意指該土壤出產豐富。而出產豐富，不僅多量養分之供給，必須左右植物生長之一切關係，均得適當而後可。不然土壤中雖有多量養分，植物亦不能充分利用，難達出產增加之希望。關於左右植物生長之要件，可大別爲二；即外界與內部是也。屬於內部者爲植物本體之強弱，品種之優劣者等，屬於外界者，可列舉如次：(1)立地，(2)光，(3)熱，(4)水分，(5)氧氣，(6)營養料。此種條件中，除光以外，其餘悉可由土壤供給其一部或全部，而立地之土壤須具有下列條件乃得爲沃土。(1)豐富營養料。(2)良好理學性質，即(a)鬆而不浮，堅而不固，使植物根部得自由伸張。(b)使空氣及水分易於分佈，無過乾過溼之弊，能應植物不時之需。(c)空氣易於流通，則吸熱性強，使植物得相當溫度，以遂早期之生長。(3)有益土壤細菌之繁殖。(4)無毒質之防礙植物及細菌之生育。

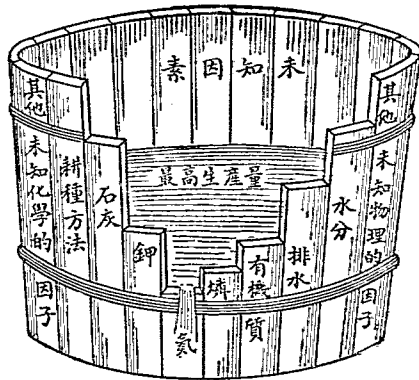
#### 第五節 最少養分律 (The Law of Minimum Nutrients)

肥料三要素各得其適量，而始呈完全之效能。三要素中若缺一或二，其他之要素雖供給極豐，作物之收量決難臻於高度。今若土壤中磷酸不足，氮鉀雖多而爲最少量之磷酸所支配，惟其與磷酸相當之部分克奏厥功，其

餘氮鉀絕無效果也，此定則曰最少養分律 (Law of minimum nutrients)。例如製造火藥用一斤硫黃，一斤

木炭末，六斤硝石，得火藥八斤。則欲得十六斤之火藥，不可無二斤之硫黃，二斤之木炭末，十二斤之硝石。今若木炭末及硝石之量，倍於前，而硫黃之量，仍止一斤，則其所得之火藥不過八斤。其餘一斤之木炭末，與六斤之硝石，全歸無效。養分對於作物之關係，亦與此同。例如用二斤之氮氣，一斤八兩之磷酸，與一斤之加里，得收米三斗，今若氮氣之量，增至四斤，而磷酸及加里之量，非同時加增，米之收量亦仍不過三斗而已。

(圖解一) 最少養分律



桶內之水常由最低之處流出，欲求最高生產量，

非組成該木桶之各木片同時增高不可。

肥料之要素，若缺其一時，則受支配於最少養分律。作物之收量大受影響。觀於何氏 (A. D. Hall) 在 Rothamsted 農事試驗場就大麥五十一年間繼續試驗之結果，可以瞭然明矣。今表其成績如下：

區	別	穀	實	稔
無	氮	區	1000 Kg	1600 Kg
無	磷	區	1100	1800
無	加里	區	1700	3100
完	全	區	1900	3800

據此成績觀之，肥料三要素之完全與否，其及於收量下之影響甚大可以知矣。故施用肥料，宜常應作物及土質之如何，配合三成分，使其無過或不及。

### 第六節 施肥之必要 (The Need of Fertilization)

廣漠原野，未施何等人工，而能生種種之雜草及幼小灌木；礫确之巔，能生松柏之類，山腹更蒼鬱綠翠，此皆自然放任，毫無肥料之施予；其所以如此者，乃土壤中含種種無機物，及有機物養分，得遂其生育也。草木枯死，腐敗，所含養分，更分解而還之土壤，經種種天然之作用，養分聚集益多，故森林地初開墾後數年乃至十年以上，無肥料之施予，亦有堪作物之栽培者。

然吾人之於耕地，大異其趣，年年所栽培者成熟後，植物生育上所需之養分，隨收穫物以具去，土壤中養分逐漸減少；欲求相當產量，不能不施肥以補給地力。又植物久經人類之栽培，經許多人為淘汰，與野生時代之性質大

異；通常羸弱，抵抗環境之刀不強，需要較多之養分，非懇篤保護，難達完全生育。為求適當之報酬，不能不有施肥之必要。

為達到增收之目的，吾人常育成優良品種，以應各地方之栽培，或工業原料之需要，此種作物猶之改良種之乳牛，每日產乳雖多，其需要之食料亦多，而食料之品質管理之週到，亦須特別注意，不然未易發揮其特點也。

我國農業互數千年，而土地仍不斷的供給生產物，或以為仍可永遠豐收也，然試觀下表，則見全國平均每年每畝出產量有漸次減少之趨勢。（北京農商部統計）

表二 全國糧食每畝產量之趨勢

年	份	梗	米(擔)	小	麥(擔)	大	麥(擔)	糯	米(擔)
民	國	三	年	三·八八六	一·〇九〇	〇·九八六	〇·九五九		
民	國	四	年	三·六〇八	二·七三四	〇·九二三	〇·九二七		
民	國	五	年	二·二四八	一·七三四	一·〇六一	〇·八八九		
民	國	六	年	二·三一二	一·六一三	〇·九八一	〇·五九〇		
民	國	七	年	一·七五〇	一·三三二	〇·八八六	〇·六二四		
民	國	八	年	一·八五二	一·二〇七	〇·九一三	〇·六三五		
民	國	九	年	一·三五八	一·一六八	〇·九四五	〇·七二二		

每畝生產量之逐漸減少，其原因甚複雜，無論南北，時至今日農村之凋弊，無資本以購肥料，農田施肥不足，亦其一因。

人口日益增加，出產日益減少，此所以飢饉屢見。外洋糧食之輸入，成可驚數目。茲就海關報告民國元年至二十年輸入洋米之統計如次：(二)

表三 洋米進口海關統計

年 份	擔 數			值 海 關 兩		
	廣 東	其 他 各 省	廣 東	其 他 各 省	廣 東	其 他 各 省
民 國 元 年	二、〇〇二、九二三	六四九、四六八	八、五三〇、六三一	三、一四九、八三一		
民 國 一 〇 年	八、一一四、四四九	二、五一四、七九六	二九、二四九、〇一六	一一、九七一、九八二		
民 國 二 〇 年	五、四四七、〇四六	五、二九三、七六四	三二、四六一、八五二	三一、九一四、〇〇九		
平 均			三一、六二八、四〇七	二〇、五二二、二五〇		
全 國			六四、三七五、八六一			

如上表全國近二十年間洋米輸入平均每年值六四、三七五、八六一兩，廣東一省三一、六二八、四〇七兩，其他各省每年達二〇、五二二、二五二兩，如以元年與二十年進口數比較，以全國論，其價值之增加約為六倍，再以廣東對全國洋米消費比率每五年平均。

民元至五年

八一·三五%

民六至十年

八一·八〇%

民十一至十五年

六六·九〇%

民十六至二十年

五〇·七〇%

由此可見其他各省米糧需要漸增多，如就小麥與麵粉之統計觀之，亦有逐年增加之趨勢。

大凡人口增加，糧食需要愈多。我國人口號稱四萬萬，數十年來究竟增加或減少，言人人殊，而糧食不足，乃不可掩之事實；增加糧食生產之道固多，施肥亦重要之一。

農業集約之程度，常隨人口之密度而增加，肥料之消費量亦隨之而增。(三)

表四 世界主要肥料及其三要素之消費量(單位千噸)

年	份	一九一三	一九二五	一九二八	一九二九
主要氮素肥料		三·七五二	六·一〇五	九·一五〇	九·〇〇三
上列所含氮氣量		〇·六五一	一·一二五	一·四八二	一·五八三
硫酸銨及合成氮氣肥料		一·三二三	三·六七九	六·五三九	六·三〇八
智利硝石		二·四二八	二·四二五	二·六一一	二·六九五
主要磷酸肥料		一四·七二五	一五·九二四	二〇·五八四	一八·八五七

上列所含磷酸量	二·五九八	二·七八一	三·五五九	三·三二八
過磷酸石灰	一〇·六八〇	一一·五三八	一四·八三〇	一三·八三〇
湯馬斯磷肥	三·八六〇	四·一〇五	五·二九七	五·〇二七
加里 (K <sub>2</sub> O)	一·〇六九	一·四六八	一·八〇〇	一·八七六

由上列可知主要肥料中過磷酸石灰之消費量最大，硫酸銨及合成氮素肥料 (Synthetic nitrogenous fertilizers) 次之，三要素之消費量於一九二九年氮素約百八十萬噸，磷酸約三百三十二萬噸，加里約百八十萬噸。

肥料之消費量在集約農業國家如中歐、西歐、美國、日本，此等地方消耗量之氮素佔世界之八五——九五%，酸磷七〇%。德國及美國為肥料之二大消費國。美國消費總量雖不多，而單位面積之消費量比之歐戰前非常增加，特於日本增加甚著，比之戰前約增五·八倍云。據之估計，中國於一九二八年氮素 (Nitrogen) 之消費量為三〇、〇〇〇噸，居世界之第十六位，而日本是年之消費量為一九〇、〇〇〇噸，居世界之第三位。(四) 以我國人口之多，土地之廣，農業歷史之長久，每年應需之肥料，當遠在日本之上。

第七節 報酬漸減律 (The Law of Diminishing Return)

惟有宜注意者，一定面積之土地，其出產雖常隨肥料之施用量與資本之投入而增加，然其增加之收益，至某

限度時，則漸次減少，甚至所增加之收益尙不足肥料與人工之投資，此即所謂報酬漸減律是也。

故施肥量依作物土壤詳加試驗，求其增加率至某程度而後止。過量之施肥，不但虛耗金錢，有時且屬有害。今有一例以說明之，假定某地磷鉀二成分充分施予，氮素漸次增加，作物之收量與施肥量之關係得由次表解釋之。(五)

表五 報酬漸減律之證明

每畝氮肥施予量(擔)	米(擔)	比較無肥料增收量(擔)	對於氮肥十斤增收比率
〇斤	〇·六五	〇·〇〇	〇·〇〇
五斤	一·八三	一·八〇	二·三六
一〇斤	三·三八	二·七三	二·七三
一五斤	五·二三	四·五八	三·〇五
二〇斤	六·〇三	五·三八	二·六九
二五斤	六·五一	五·八六	二·三四

由此可見每畝之肥量以一五斤爲最有利，此點即所謂經濟的最大收益數量，最宜注意者也。超過此點作物不能盡量利用以致流失，同時土壤溶液有過於濃厚，害及植物生育之虞。



## 第八節 生產增加或減少之原因 (Factors Determining the Increase or Decrease in Yields)

我國自古以農立國；所謂農國者，乃所產糧食及原料品，除供給本國需要，尚有餘裕之謂。觀前表我國爲何如乎？故欲解決民生問題，非增加糧食不可，而增加糧食，非充分施肥不可。且也天然肥料供給有限，而成分失之偏，欲達生產增加之目的，非從植物之生育上，肥料之經濟上，土質上，經營上，而以適當之分量，適當之時期，適當之方法，從事施肥不可。英國農學家何氏 (A. D. Hall) 之言曰：「增加生產之原因，由於耕種方法之進步……而最要者當推人造肥料之施用，與飼料之購入，地方賴以增進也。」又德國凡西所失 (Van Seethorst) 氏曰：「大概言之，增加生產原因，若以百分計，由於人造肥料者佔百分之五十……耕種方法之改良佔百分之二十五，優良品種佔其百分之十五，適當輪栽法佔百分之十。」(六)

由此可見農產增加之原因，在歐洲百分之八十至九十，由於土壤之肥培得法。換言之，即肥料施用適當，管理利用得宜。所謂管理得宜者指輪栽耕種方法，地力之維持諸大端而言。

我國有許多地方不施用肥料，而每年收穫一定量之作物者，此種行爲猶之開鑛，終有地力拔盡之一日。在廣東有僅用石灰無其他肥料之施予者，究能維持若干年之生產，國內尙無確實之試驗或參考，茲引司克勒 (O. Schreiner) 氏之調查以證之。(七)

表六 施肥與地力之關係

甲 阿海阿 (Ohio) 五年輪栽地方試驗	
處理方法	生產力之增減 (二十年平均)
不施肥	減少 二五%
石灰	增加 一八%
石灰及磷肥	增加 一八%
石灰及磷肥	增加 六六%
石灰及氮磷鉀 (Fob 17)	增加 六八%
石灰及廐肥	增加 一九%
乙 盤斯凡里 (Pensylvania) 四年輪栽地方試驗	
不施肥	減少 四九% (三十二年平均)
磷鉀	增加 一%
氮磷鉀 (Pint 28)	增加 五%
廐肥	增加 一九%

由此可知不施肥對於生產力減少乃必然之事，如能施用耔料作物之綠肥及石灰，在短時期及某種情況下，尚可維持生產力至一低下之水平線。兩廣土地許多已達生產最低之限度，由於不施肥或無肥料可施，不能不放棄任其荒蕪，大堪注意者也。

參考文獻

- 一 Van Slyke, Lucius L., Fertilizers and Crops, pp. 7-10 (1927)
- 二 丁穎 洋米抽稅問題 二十二年十月二十四日 廣州民國日報
- 三 土壤肥料學雜誌第七卷第三號 (1933) 三一〇頁 日本東京帝國大學農學院
- 四 Haward, P. F., The Fertilizer Review. The National Fertilizer Association Vol. V, No. 8 Aug. (1930)
- 五 小野勢伊之助著 肥料學汎論一二四頁(昭和五年)
- 六 The European and American Theory Concerning Soil Fertility. Illinois Cit, No. 142. 1920.
- 七 O. Schrainer, J. Am. So. Agronomy Vol. 18 (1916) p. 115

## 第二章 植物營養素之功能及其來源 (Sources and Functions of Plant Nutrients)

各種營養素對於植物之生長，究有何功用，爲吾人所欲知者。飼料中各成分如蛋白質，脂肪，碳水化合物等，其於動物體營養上各具有特別之功能，吾人已知之甚詳。營養素之於植物，不特功用之不同，且不能彼此代替，缺一則全局受其影響，生長爲之不良，必各要素皆備，共同作用方收全效。此外各營養素在植物體內之分佈亦甚重要，分別述之如次：(一、二、四)

### 第一節 氮氣 (Nitrogen)

氮氣在植物乾物質中平均不過一·五%，但其化合物在農業上，商業上，均價值甚高，其在農業上之重要由於(1)重要植物營養素之一；(2)氮氣化合物可以直接供植物利用者普通甚少；(3)一般作物需要最多，而土壤供給最少；(4)肥料中以氮氣肥料最貴；(5)易於變化流失。

#### (甲) 氮氣對於植物之功用 (Functions of nitrogen)

氮氣在植物體內對於生長上，具有重要之功能，無其他元素可以代替，其功能之迅速顯著，亦無足以望其肩背者。

(a) 對於莖葉之生長：氮氣為生長莖葉之要素，若得多量硝酸鹽之供給，常見莖葉繁茂生長迅速，反之則矮小莖葉少，或植物之生育不克臻於完善，農作物中之需葉莖者如菜蔬桑麻之類，往往不得良好收成。

(b) 對於開花作用：氮氣營養素供給過多，足以阻礙開花作用，通常植物生長到某時期，不再分枝葉，而開花結實。若此時有多量硝酸鹽之供給，雖有形成之花蕾，亦阻其發育，再作莖葉之繁茂，即或開花，亦秀而不實。

(c) 對於成熟期關係：多量之硝酸鹽，不但徒長莖葉，開花期晚，而成熟期亦為之延長。禾穀類作物，往往生長過茂而柔弱易倒。

(d) 對於植物色澤關係：植物得豐富氮氣之供給，則莖葉深綠，此為生長良好之表徵。植物之所以呈綠色者，由於葉綠素，此物存在於植物之生長細胞內，其量甚微，而組織複雜。植物細胞內之葉綠素及原形質為同化作用之樞紐，而氮氣又為其主要成分，由此可以想見氮氣對於植物色澤生成之重要，及良好生長之不可缺者矣。

(e) 對於其他要素之關係：氮氣為生長枝葉之要素，已如前述。然植物對於磷、鉀，及其他要素，常受氮氣之左右。如氮氣缺乏，不問可給態之磷、鉀二元素，土壤中如何豐富，而被植物消耗之量，常與氮氣有一定比例，雖多亦無益。反之氮氣多一則植物必由土壤中吸取相當量之磷、鉀以適合其比例，此氮氣之於肥料中所以特別重要也。

(f) 對於收穫物品質之關係：收穫物之品質，依作物利用氮氣量而受影響。多量氮氣肥料，使植物莖葉柔嫩，在葉菜類及芽菜類，認為良好品質。而在瓜果類，穀菽類，及其他作物則嫌其柔弱。抵抗病蟲害及自然環境之力不強。故依作物之種類，栽培目的之不同，而定施用氮肥之多寡為必要。例如白菜有多量硝酸鹽之供給，則生長迅

柔嫩，但易於腐敗難保存。只可供附近之消耗，而不便於遠地或多費時日之運輸，至於穀菽類氮肥過多，大足防礙種實產量及品質，例如小麥種子之輕浮，同係一斗之小麥，而其重量常較輕。至於大麥亦種子少而稈皮厚，不適於釀造用。

(g) 對於植物之組成關係：多量施用氮氣肥料，影響於植物之組成者不甚大，然無論莖葉及種子所含氮氣成分均較豐富，蓋氮素在植物體中為構成原形質及其他重要部分不可缺少之成分也。普通農產物之蛋白質含量隨施用氮肥之量而增加。

#### (乙) 氮氣之來源及形態

##### (a) 亞母尼亞氮氣 (Ammoniacal nitrogen)

亞母尼亞氮氣空氣中有微量存在，常自空中隨雨水而降下，動植物質腐敗分解亦生成亞母尼亞，除極少數植物可以直接利用亞母尼亞以資營養外，大多數須經過硝化作用，變為硝酸鹽狀態之氮氣而後利用之。

##### (b) 有機態氮氣 (Organic nitrogen)

氮氣與炭氫氧各元素化合時，更與磷及硫黃化合而成各種複雜物質，通稱之曰蛋白質。如此狀態之氮氣，稱為有機態氮氣。例如屠獸場副產物之血肉，蹄骨，油餅，糟粕，綠肥，廐肥等是也。此外糞尿中尚存有尿素性氮氣，此類物質中之氮氣，必在植物利用之先，經過細菌作用腐敗分解以成簡單化合物，由蛋白質，而為亞母尼亞，最終變為硝酸鹽。

## (c) 空中氮氣 (Atmospheric nitrogen)

空中游離態氮氣占空氣全體五分之四。即每英畝面積上有七百萬噸之氮氣。(七)但量雖多不能被植物利用，只有荳科植物間接的由根瘤菌之共生關係而得其供給。

## (d) 硝酸態氮氣 (Nitrate nitrogen)

土壤中有機質在適當溫度水分下，因細菌作用分解而為亞母尼亞，再變為亞硝酸及硝酸。遇土中鹼性物質，例如碳酸石灰，遂成硝酸鈣，如此作用稱為硝化作用。此種形態之氮氣，稱為硝酸態氮氣。植物所能利用之氮氣以此為主。但不易為土壤所吸收，常隨水而流失。

## 第二節 磷 (Phosphorus)

普通土壤塵不含有磷之化合物，而其含量甚少。及於0.1%者極稀，且其大部分為不溶解之狀態而存在。據司徒拉砂氏 (Stoohliassa) 之說：土壤中之磷概為磷酸二鈣 ( $\text{Ca}_2\text{H}_2\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$ )、磷酸二鎂 ( $\text{Mg}_2\text{H}_2\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$ )、磷酸四鈣 ( $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_4\text{H}_2\text{O}$ )、磷酸四鎂 ( $\text{Mg}_4\text{P}_2\text{O}_4\text{H}_2\text{O}$ )、磷酸三鈣 ( $\text{Ca}_3(\text{P}_2\text{O}_7)_2$ )、磷酸三鎂 ( $\text{Mg}_3(\text{P}_2\text{O}_7)_2$ ) 此外則為磷酸鐵及磷酸鋁等。此等磷酸化合物在土壤中大部分為植物所難攝取，而其給源又專仰之土壤。且因作物之栽培，自土壤中消費之者不鮮，尤以栽培穀類之土地，感覺磷酸之缺乏，故宜特別補給之。

## (甲) 磷對於植物之功用 (Functions of phosphorus)

(a) 磷為生活細胞中核質物之生成物所必需之成分，細胞核無磷酸則不能生成，因之細胞不克繁殖，而植物之生長亦當停止。

(b) 可給態之磷，利於種子之發芽，幼根伸張。故於下種前，施以相當量之過磷酸石灰，或可溶性磷肥，使發芽迅速而得良好生長。

(c) 磷酸有促進作物成熟之效。施用磷肥多之土地，出穗期及種子之生成較缺乏磷酸者約早一星期，為種子生成不可缺少之元素，故種子間含磷較之他部分多。磷對於作物成熟之效，與氮氣之延長作物生長期二者適相反。

(d) 多施磷酸肥料，則收穫物種實與莖稈之比例常高，此點又與氮氣適反。

(e) 土中若得多量可溶性磷酸肥料之供給，所產種實氮氣之成分低，而磷酸含量高。(三)

#### (乙) 磷之來源及形態

肥料所含之磷，得大別之為無機性，及有機性之二種，而動物與植物質肥料中之磷大異其效能。故磷又得區為動物性及植物性。日本鈴木博士行大麥之栽培試驗，其成績結論如下。

(一) 植物性磷肥施於普通土壤，遙遜於過磷酸石灰或動物性磷肥。

(二) 植物質中之磷化合物非汀(Phytin)之外，尚有利洗新(Lecithin,  $C_{42}H_{84}NP_2$ )及紐克林(Nuclein)確為有效，而 Nuclein 為不溶解性，其效能極少，植物之磷含量中此兩種磷化合物僅占其一〇%內外，其居最



大部分者爲 *Phytin*。植物種子中之貯藏養分及穀類之糠中有多量存在，占磷酸百分之七四%，故植物質磷肥之效能，爲 *Phytin* 所左右。

(三) *Phytin* 施於普通土壤時其效能極緩，然植物質中有一種酵素能分解 *Phytin*，使變爲磷酸。故以適當之方法令該酵素遲其所用，分解後而後施用之，則其效能殆與其他有效之磷酸肥料無異。

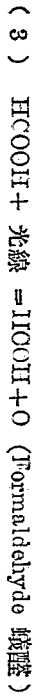
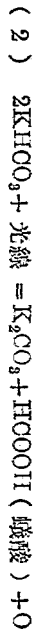
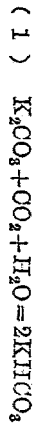
無機性磷酸，得因其分解之難易區爲三種：(一)可溶於水者一磷酸一石灰 (*Mono calcium phosphate*) 即過磷酸石灰之主成分屬之。(二)不溶於水而溶於檸檬酸銨液者：還原磷酸石灰 (*Reverted phosphate*) 屬之，其化學上形態爲磷酸二石灰 (*Dicalcium phosphate*)。此種磷酸雖不溶於水，而溶於含有炭氧二之水，此外溶於檸檬酸銨液者，尚有磷酸四石灰。(三)不溶於水及檸檬酸銨液者：磷酸三石灰  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  屬之。以上可溶於水者易爲植物所利用，溶於檸檬酸銨液者，亦能溶於植物根之分泌液，故此二種磷化合物特稱之曰有效磷酸 (*Available Phosphoric acid*)。第三種最劣。除骨粉之磷外概極遲緩。然加以酸類則易變爲溶解性而增其效果。以磷礦石製造過磷酸石灰即此理也。

### 第三節 鉀 (*Potassium*)

鉀亦爲植物生育上所必要之成分，多存於綠色植物之表皮及髓之柔組織，與炭化物之同化作用有密切之關係，分述如次：

(甲) 鉀對於植物之功用

(a) 鉀之供給不豐時，甘蔗及馬鈴薯患糖類或澱粉之缺乏，蓋鉀為炭水化合物不可缺少之成分。鉀為炭水化合物所必要之理由，據之司徒克拉砂氏 (Stoklass) 謂高等植物體內所起之同化作用與鉀有密切關係。同化作用之第一次成果物糖醛 (Formaldehyde) 準次之順序成之。(六)



(b) 植物體中蛋白質之生成，鉀亦與有力焉，而其原則在鉀能旺盛炭水化合物 (Carbohydrates) 之同化作用。今試就富於蛋白質之荳科植物說明其理由：當荳科植物因根瘤菌之作用固定游離氮氣時，要先有燃料 (Energy) 以供給之。而此 Energy 之供給，實有待於炭水化合物之氧化；故欲荳科植物盛其生長，不可不先使之強大氮氣之固定作用。欲達此目的，不可不豐炭水化合物之供給以爲 Energy 之資料，而炭水化合物又非多給以鉀不能盛其同化作用，故爲蛋白質生成所必要也。栽培荳科作物於缺乏鉀肥之土壤，給以富於炭水化合物之肥料 (如藁稈等) 而其成長優良者，亦不外此理由。

(c) 鉀亦爲莖葉生成之主要元素，使其堅韌，如缺乏鉀則軟弱易折。又纖維質及其他炭水化合物亦非鉀無

以生成，此所以莖葉中之鉀含量特豐也。

(d) 鉀又能使植物增大其對於疾病之抵抗力，作物因氮氣過量，而罹於病害者有之，若豫給以充分之鉀，則能防其病之發生，否則易罹於病害。如麥之銹病，牧草之黴害，皆於鉀之供給不豐時，易於發生者也。而其所以然者，果基於細胞內溶液之組成之變化耶，抑由於植物生長力之衰弱耶，惟尙未明。而由於後者較為可信。

(e) 荳科植物常需要較多之鉀肥，如土中缺少可溶性鉀之供給，如在砂土或礫土往往生長不良；鉀質對於荳科植物之功用究何所在，至今尙不甚明。或以爲鉀可以助根瘤菌之發達，故間接荳科植物得以繁茂之。

(f) 其他功用：

(1) 延長生長期 (2) 使細胞充實 (3) 有機酸如酒石酸 (Tartaric acid) 等，與鉀化合而成有機酸鹽，植物之酸液多由於此，酒石酸鉀 ( $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) 蓼酸鉀 ( $\text{KH}\cdot\text{C}_2\text{O}_2$ ) 其著例也。

(乙) 鉀之來源及形態

肥料中鉀之形態，大別之爲有機性鉀，及無機性鉀之二種。無機性鉀之最普通者爲碳酸鉀，硫酸鉀。前者爲木灰之主成分，後者爲德國 *Süssart* 鉀鹽之主成分。此二者皆可溶於水，其效頗速。有機性鉀多存於植物質肥料，如醋酸鉀 (Potassium acetate) 蓼酸鉀 (Potassium oxalate) 酒石酸鉀 (Potassium tartrate) 檸檬酸鉀 (Potassium citrate) 等，其形態尙簡單，此外形態極複雜者亦不鮮。

土壤中鉀之給源雖較之氮氣及磷酸遙爲豐富，而其大部分常爲不溶解態。且植物攝取之者亦多，故宜用爲

肥料而補給之。土壤中之鉀質化合物多半以鉀長石 (Potassium feldspar,  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) 石榴石 (Leucite,  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ ) 雲母等而存在。

#### 第四節 石灰 (Lime)

構成地殼之巖石中富於石灰，由此等巖石風化而成之土壤，亦常含豐富石灰質，此當然之事也。然土壤中之石灰或因碳酸水之作用而成爲可溶性之重碳酸鈣  $Ca(HCO_3)_2$  或因其他之變化而成爲氯化鈣、硫酸鈣、硝酸鈣等可溶鹽類，不獨溶解於土中之水以致流失，而因作物栽培自土中奪去者，亦不少。因之土壤中往往有告石灰缺乏之事，而有供給石灰之必要，一則改良土性，二則補給作物營養物，其用量當然以作物之需要與土壤酸度強弱之關係而定。

鈣之存於植物體中者爲有機化合態，莖葉中之含量較種實中尤多。果樹類尤爲必要。茲述其作用於次：

- (1) 鈣之化合物對細胞膜之生成上可以使堅固。
- (2) 鈣之化合物與炭水化合物有密切關係。因同化作用葉中有不溶性澱粉粒之生成，此種澱粉粒若運輸至種子或其他貯藏機關，必變成溶解性而後可以通過細胞膜。一經到達種子又須變爲不溶性。此種功能昔日以爲鉀之特能，但鈣亦信而有之。

- (3) 缺乏石灰或鈣之化合物，則植物之根毛不甚發達。

(4) 鈣之化合物在植物體內，常與有機酸化合而成有機酸鹽，例如蒼酸鈣是也。此係鈣與蒼酸化合而成之一種細小結晶不溶於水。如蒼酸在植物體中，不被石灰中和，則甚為有害云。此外如碳酸鈣，硫酸鈣，磷酸鈣亦於植物體內見之。

### 第五節 鎂 (Magnesium)

往昔以為鎂對於植物之營養上不重要，但現時愈經研究愈覺其重要。按鎂與鈣化學性質頗相類似，然彼此決不能替代，缺一則植物之生長受影響。

(1) 鎂之化合物聚集於種實，花果，根塊，等處較鈣為多，但於莖葉及新生之木材中則較鈣為少，故鎂之功用，對於種實之生成為特著。

(2) 原形質中雖無鎂之存在，但蛋白質之生成，鎂似為不缺少之物，尤在助磷之同化云。

(3) 鎂為葉綠素之主要成分，故關係澱粉及其他炭水化合物之生成。

(4) 鎂之鹽類尤以氯化鎂，如無鎂之化合物存在時常呈有害作用。然其為害程度當視鎂鈣二者之比例而定，若超過一定比例則為有害，不過究須如何比例方為適當，則至今尚無定論。

### 第六節 其他元素之功用及其分佈

(1) 硫黃 硫黃施諸土壤往往得良好收成，近年各國多所研究有主張氮磷鉀三要素之外，更加以石灰硫黃有機質爲六要素者。究其作用約有三端。

(a) 硫黃施諸土壤中，因硫黃細菌之作用，氧化而成硫酸，土中不溶解礦物質得變爲溶解性，植物得多量營養物之利用。

(b) 硫黃爲原形質及蛋白質之主要成分，姑無論其特別功能，而於構成上已成不可缺之事實。

(c) 油菜，蘿蔔，白菜，葱，蒜等之具特別芳香氣味者，乃由於某種芳香物之氣味，而此種物質均含有硫黃。

(2) 鐵 植物之有綠色，端賴鐵質，不然葉綠素難於生成，雖葉綠素中尙未證明有鐵之存在，但在某種關係，確於綠色素有密切關係。有時植物因病害關係，失其利用鐵質機能，植物遂呈白色。或生長過速，鐵質尙未有達新生物部分亦呈白色，但施用含鐵質之肥料是否有益尙成疑問。

### (3) 鈉 (Sodium)

鈉在植物體內量雖少，而常爲其成分之一，其對於植物營養上究有如何功能，尙無定論，以其事實證之似無關重要。鈉與鉀化學上性質頗相似，在營養上絕不能代替鉀之功用，雖鈉有豐富之存在，而鉀缺乏時，可以減少鉀肥需要量，然不過理論而已。按鈉之化合物大部爲氯化鈉，到某限度時實有害於植物也。

(4) 炭素 炭素爲動植物質之主要成分，由微生物以至高等動植物無不賴此元素以構成其身體。植物乾物質中炭素占百分之四十五。無論蛋白質，脂肪，澱粉，糖類，纖維質等均含有炭素。按植物由葉吸收炭氧二氣體，

因日光與葉綠素作用，分化為氧氣及碳酸氣。前者放散仍還諸空氣，後者遂與各種元素化合而成種種有機物，此就炭素在植物體內之作用而言。以外部言，土壤溶液常溶解炭氧二氣體，增加對於礦物成分溶解力，尤以鉀及磷之化合物為甚。

### 第七節 有機質 (Organic Matter)

有機質雖非一種元素卻為維持地力 (Maintenance of soil fertility) 及植物生長上不可缺少之物，故有列為四要素者。

#### (一) 來源與分佈 (五)

土壤中有有機質之給源，幾完全來自肥料，與作物之糞，及其殘物，綠肥之施用，為有機質最大之來源。大概地面上之植物幹部犁入土中，成為表土之有機物，地下根部深入土層者，一經腐化即為底土之腐有機物 (Humus)。

#### (二) 有機質之效用

有機質對於土壤之效用，非如氮磷鉀等之簡單，蓋有機質混入土中，直接或間接影響土壤之物理、化學或生物等作用。其效用自必複雜而較高。但效用之高低以增加出產之多少為標準，而生產之豐歉，由下列各端為轉移。

(1) 團粒結構 團粒結構 (Crumb structure) 為壤土與黏土之重要性質，水分與空氣之流通，受其影響甚鉅。黏土之缺乏有機物者，往往無團粒之結構，沃土可變為礮田，但有機質一經增加，則其效力立見。

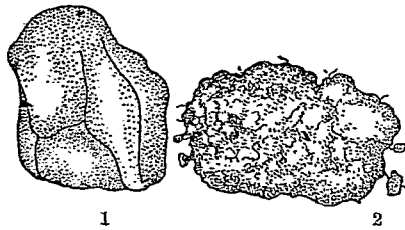
(2) 保持水分 土壤中之保持，含增加有機質外，無完善之法。此由於有機物質具有疏鬆之組織，若與土中無機部分混合，可以使土疏鬆，減緩毛管水引力，並可以改善其他物理性質。砂土滲漏易，而保水力甚弱，若加入相當有機質，則保水力立見增加。

(3) 黏閉 (Pudding) 黏土之缺乏有機質者，其土粒不能團結，乾時易結成塊，且易龜裂；若再潤溼之，因水膜張力之關係，土粒之結合大有變動，氣孔閉塞，或減少，使水分不易通過，此種現象名之曰黏閉。大凡黏土之缺乏有機質者，若過溼時，耕作最易膠結，須經長時期之天然力作用，漸漸形成團粒結構，方能恢復原狀也。此種現象施以有機質則可逐漸改良。

(4) 增加地溫 有機質使土壤呈黑色，吸熱既多，溫度自高。大凡業經排水之土壤，較未排水者溫度為高，土色愈黑者，溫度愈高，土色愈淡者，溫度愈低。此種土色之影響溫度，在表土四寸深，於晴朗之日溫度之差，可有華氏四至十度，故欲植物之早期成長者，黑色土壤為適宜也。

(5) 減少由於侵蝕崩塌之損失 土壤因雨水逐年冲刷，以致崩塌，成為凹凸缺陷之地勢，完全失卻農業價值。地面流水愈多者，洗刷愈甚。大概缺乏有機質與氮質之土壤，最易冲刷，蓋有機質助土粒之團結，水分之吸收，

圖解二 有機質對於土壤之影響



- (1) 未加有機質之黏土  
 (2) 已加有機質成團粒結構



氮質助植物之繁茂，俾生成多量有機質，以鞏入土中；如是則地面奔逸水，可以減少，洗刷自滅，雖不能盡行制止，然有機質之裨益亦不少也。

(6) 對於生物之影響 有機質不但供給生物之營養料，且增進土壤物理性質，利於生物之有益作用。間接亦足以促進化學作用焉。

(7) 供給氮氣於植物 除施用肥料與栽豆科植物外，有機質殆為唯一之氮氣給源。故土壤中若缺乏有機質，作物大都感氮氣之缺乏，生長不茂。作物之現黃綠色者，多屬此因。氮氣肥料價值較昂，普通農家限於經濟，不能多購。每畝作物所需之量，自數斤以至二十餘斤不等（參看第六表），惟荳科植物所需之氮，可不仰給於有機質，而從空中攝取之。

(8) 團結砂土粒 砂土之團結力弱，空氣易於流通，故保水力亦弱，腐植質有增進此種性質之功能。

#### 參考文獻

- 1 Van Slyke, Louis L., *Fertilizers and Crops*, pp. 38-63 (1927)
- 2 吉村清尙, 肥料學講義, 五—一二頁, 劉友惠譯, 商務書館, 民國十九年。
- 3 Murphy, H. F., *Jour. Amer. So. Agron.*, Vol. 22, No. 9, pp. 765-770 (1930)
- 4 Lyon and Buckman, *The Nature and Properties of Soils*, pp. 471-476 (1922)
- 5 鄧植儀 彭家元 土壤學, 一七八—一七九頁, 國立中山大學農學院民國十九年

- 16 Julius Stoeblasser, *Biochemische Zeitschrift*, 1930 Vol. 218, p. 361
- 17 Hopkins, *Soil Fertility and Permanent Agriculture*, p. 59, 1910.

## 第二章 土壤中植物營養料之損失及增加 (Losses and Gains of Plant-Foods in

the Soils)

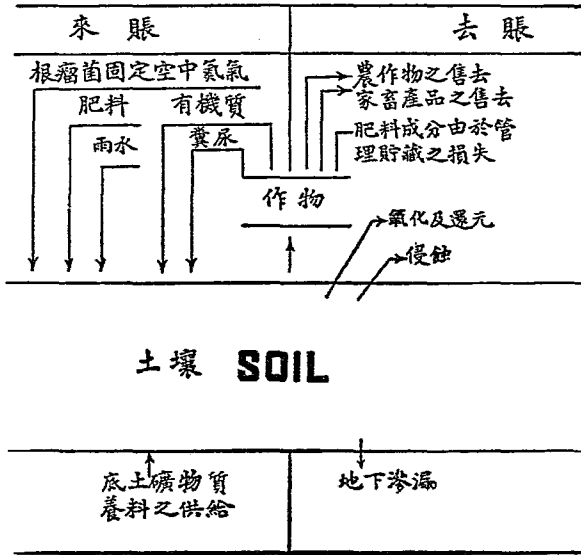
欲栽培作物得最大報酬，不能不於施肥上加以研究，以合乎經濟情形。然欲知施肥之種類及多寡，宜先察土壤中何者增加，何者損失，或何者易於流失，則於施肥上有相當之標準，茲先就植物營養料之損失言之：(一)

### 第一節 栽培作物之損失

土中營養料每年隨作物收穫而移去。每種作物所移去之成分，種類，及多寡，各有不同；有需氮特多者，有需磷多者，故從保持地力上設想，當決定以何種作物為有利；如土中氮氣含量少，而栽培需氮最多之作物，以為出售之主要產物，則費於氮氣肥料必鉅，而未必合乎經濟原則，但農產物不售而用作飼料，或購入肥料而仍歸諸本農場之土壤，植物營養料並未受如何損失，蓋百分之八十仍隨糞尿而排出，不過少量在於乳，肉，卵，毛而售出。如此情形，目的在保持土壤中氮氣成分，雖購價值較高之肥料，亦不為失策，下列為各種作物每英畝平均每年由土中吸取氮，磷，鉀，三要素之量。

(圖解三) 土中植物養料來去賬單

# 植物營養料賬單 PLANT FOOD STATEMENT



表七 各種作物每英畝每年由土壤中吸取氮磷鉀三要素量 [Quantities of plant food removed from the soil by different crops (lbs. per acre)]

Crops	作物	據 Jacob Goyle (11)			據 Van Slyke, J. L. (11)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Rice	稻作	一一〇	六五	八五			
Tobacco	煙草	九〇	二七	一四四	五九・〇	七・七	七八・〇
Lucerne or alfalfa	紫苜蓿	一五六	五〇	一六〇	一一〇・〇	三〇・〇	一〇〇・〇
Banana	香蕉	八四	二三	二七二			
Cotton	棉花	一三四	八六	一四四	四〇・六	一四・三	三二・二
Maize	玉米	八六	三八	一〇〇	六〇・〇	二六・〇	六六・〇
Orange	橙	三七	一七	四二			
Pineapple	菠蘿	三二三	一〇九	二一五			
Potato	馬鈴薯	三五	二〇	一〇〇	三一・五	一三・五	四五・〇
Soya Bean	大豆	九〇	三〇	四三	八八・〇	二四・〇	五七・五
Sugar cane	甘蔗	五八	五七	二二〇	四一・四	二二・六	三六・三
Sweet potato	甘藷	六二	一五	九〇			
Tea leaves	茶葉	三三	六	一六			
Wheat	小麥	五三	一五	一二五	四二・五	一六・六	二二・〇
Barley	大麥	五五	二二	五〇	四〇・〇	一五・〇	五〇・〇

Rank	荳蔴	一六一	九二	一一四	五四〇	一八〇	二七〇
Imp	大蔴	一〇二	八五	一三二			

從上表可見每英畝每年出產之農作物，由土壤中吸取氮，磷，鉀三要素各約十餘磅至數百磅不等，依作物性質而定，除豇科作物之氮氣大部分係由空中攝取外，其餘氮氣，磷酸，加里之三者均需供給，不然則作物難望有相當之生產。但土壤中普通以鉀之含較為豐富，最感缺乏者為氮氣與磷酸，茲示廣東土壤之一例。

下列結果係廣東土壤調查所分析番禺南海中山順德五縣平均土中所含三要素。

表八 廣東土壤肥沃度大概 (四)

分析土壤數	土系名稱	N%	P%	K%
一五一	珠江	〇·一六二七	〇·〇五三〇	一·七八二〇
五三	龍眼洞	〇·一二七〇	〇·〇三一〇	一·五四七五
四六	鍾村	〇·〇七五七	〇·〇二七八	一·〇四二〇
五九	石牌	〇·一一八〇	〇·〇三六五	一·〇五五〇
三三	羅崗	〇·〇八四二	〇·〇三三一	一·〇四六〇
二二	廣州	〇·〇六八二	〇·〇三一三	一·三〇八〇
八	小坪	〇·一二三〇	〇·二七三〇	一·四三〇〇
七	唐家	.....	〇·五一〇〇	一·九一〇〇

一一	東江	.....	〇・〇二六七	一・八三〇〇
三	佛嶺	.....	〇・〇三九〇	一・〇五〇〇
平均			〇・一〇九〇	〇・〇三〇八
標準沃土(六)			〇・二五〇〇	〇・一〇〇〇
				一・五〇〇〇

由上列結果可見廣東土壤以珠江系、龍眼洞系、唐家系最為肥美，大體上沖積土氮磷鉀三要素均比較豐富，鉀最多，氮次之，磷又次之；一般旱地或丘陵地較為瘠薄，氮磷二元素均甚缺乏，然鉀之平均量仍甚豐富。如依稻作每造消耗  $N: 110, P_2O_5: 65, K_2O: 85$  磅計，則廣東土壤中所含之三要素平均能供給之年限有如下示：

每英畝所含三要素磅數	每	年	一	造	每	年	二	造
N	二、一八〇		二〇・〇年			一〇・〇年		
P	六、一六		二、三・四年			一、一・七年		
K	二八、八〇〇		一五、五・〇年			七、七・五年		

上列數字係假定土中所含之三要素完全可以供給植物之需用，實際上大部分不能為植物所吸收。即肥沃之土地如不施肥料，數年之後，即見生產銳減，可以證之。即或能應作物之需求，亦不過氮十年至二十年，磷十一年至二十三年，鉀七十七年至一百五十五年而已。土壤有永久性，不但目前欲其出產豐收，即千百年後亦當繼續出產不減，人類衣食住行之資源乃有所出，故每年施肥量宜就損失之量以斟酌肥料之補充也。

## 第二節 隨水流失

土中植物營養料多少能溶於水，如雨量過多，超過土壤保水力以上，則溶解於水之成分一部隨水流失。如地面傾斜或山腰之地，溶解物質常由地面洗去。在耕地則溶解物質隨雨水滲透至底土，一部分隨地下水而流去，由溪流以至於江河大海，據之計算，由地面洗刷之溶解性礦物質全球每年約五十兆噸。其中植物營養要素為量不在少數，不過流失之多寡依各該元素之性質而有不同。此點容後分別再論。流失之多寡依下條件而定：

(1) 降雨量及其分佈 雨量多則溶解性植物營養料被水流失之機會增加，夏季土壤中常富於溶解性物質。如此時為降雨期則流失者較春秋冬三季任何時為多。

(2) 土壤之吸收力 土壤保水力之強弱，與植物營養料流失多寡有直接關係，故黏土較砂土常富於溶解物質。因黏土中富於膠質物有阻止或減少可溶性物流失之作用。

(3) 土壤中有機質關係 有機質及腐植質富於保水力又能吸收可溶性物質，如土壤中有相當量有機質之存在，則可溶性營養物之流失可以減少，保水力可以增加，砂質土壤宜時常施以有機質肥料，其目的在此。

(4) 土壤中植物營養料之狀態 某種成分不易保存，往往較他種流失特多者。例如硝酸鹽易溶於水，在土壤中難於保存，故氯化物及硝酸鹽最易流失，較他種特別顯著。

制止流失法，除增加土中有機質及鞏固表土減少雨水由地面沖刷外，在勿令田園荒蕪，以利用土地至可能



範圍內均種植作物。夫如是凡土壤中可溶性營養物之生成，植物得隨時利用，以資繁茂，化無機物為有機物。正項作物收穫之後，常播植一種作物以被覆地面者，稱為被覆作物 (Cover crops)，其目的在利用地面減少流失。栽培主要作物之前，收被覆作物犁入土中以作肥料，不但原有土壤中可溶性營養料得免於流失，仍歸於土中，且增加有機質，誠一舉而數得也。

### 第三節 土壤的損失

可溶性物質除滲透土中由地下水而流失外，地面流水將表土流去，尤以山坡及荒地為甚。表土中不但遭多量可溶性物質之損失，而地面侵蝕亦甚劇烈。此種情形可以下列方法而防止之：(1) 使地面常有作物之栽培，時常中耕，保持疏鬆狀態，則降雨達於地面侵入土壤中之機會多，由地面洗刷以去者少；(2) 勿令土地荒廢，主要收穫之後，更繼以被覆作物，以利用土中可溶性物質；(3) 增加土壤中有機質含量；(4) 適當地下排水；(5) 傾斜地及山腰應就水平線耕種，如由上而下無異便於引水就下，洗刷流失之機會必多。傾斜度大之山腰地方，或不適於作物者，應植樹以保護地面；樹木之多細根者，猶如野草之密佈，可以防止侵蝕作用。

除流水洗刷外，土粒更因風力可得揚去，中國北部土質輕鬆大風之後，表面沃土隨風揚去者常有之，往往變沃壤為礫薄，遇此情形可以下列方法濟之：(1) 地面常有作物被覆；(2) 增加有機質；(3) 設防風物；(4) 中耕；(5) 鎮壓。

#### 第四節 氣體的飛散

植物營養料可由氣體而損失者，僅有氮素。硝酸鹽分解為游離狀態之氮，或變為亞母尼亞。又土壤乾燥，溫度高，有機質少，均足以促氮氣之損失。在普通情形氮氣損失量不問硝酸鹽分解而為游離氮，或由亞母尼亞飛散者，均不甚著。此外動物質及植物質之焚燒，其中所含氮氣化合物，悉變為氣體，不復能為植物利用。

#### 第五節 植物營養料在土壤中如何保持

植物營養料如氯化鉀，硫酸銨，或過磷酸石灰等，溶解於水，將此溶液傾入數寸厚之土壤層，而接收其濾液，分析所含成分，則見大多數營養物被土壤吸收而保存。此種現象，一部分由於化學的，他部分由於物理的作用。土壤組織之粗細，施入土中物質之不同，保持率或吸收率各異。研究肥料施於土壤中何者被流失，何者易為土壤保持，在實際甚為重要，茲就化學的保持與物理的保持分別言之：

##### (1) 化學的保持 (Chemical fixation)

所謂化學的保持，指溶解性植物營養料。在土壤中經化學的作用與其他物質化合而為一種新化合物，較原物不易溶解，故得保存土中不易流失。在施肥上吾人特別注意者有氮，磷，鉀，鈣諸種化合物。

(a) 氮素化合物 硝酸鹽類易溶於水，故在土壤中不易保持，亞母尼亞態氮素不論其為氣體的亞母尼

亞，或為碳酸銦硫等狀態，在土壤中均能與他種成分化合而較難溶解，故亦不易於流失，有機質中氮素化合物亦不易流失。但流失之難易，視土壤中碳酸鈣及有機質之多寡，土壤之砂黏而定。雖然亞母尼亞態及有機態氮素化合物，被土壤吸收保持，一時固難流失，而終久必變為硝酸鹽，是又易溶於水而流失矣。

(b) 磷之化合物 由土壤排水中所含磷之化合物甚少，吾人可以推知磷在土壤中能生成不溶性化合物，最普通者為磷酸鈣，磷酸鐵，磷酸鋁。若施用過磷酸鈣於土壤，則最初溶解於水而散布於表土內，旋於土中同石灰質化合成細粒之磷酸二鈣  $[(Ca_2H_2(PO_4)_2)]$ ，若土中富於石灰質則變為磷酸三鈣  $[Ca_3(PO_4)_2]$ 。二者之中不問其為何種狀態，均分佈於表土中，細粒被覆於土壤粒子，得隨時遇適當情形，再變為可溶性，所謂適當情形，即指碳酸氣之水溶液或有機酸相接觸，漸次溶解以供植物生長之用而言。在酸性土壤中石灰含量甚微，溶解性磷酸肥料施用後，遲早與鐵或鋁化合而成難溶之磷酸化合物。有此關係故宜使土壤有豐富之石灰供給，防止磷酸鐵或磷酸鋁之生成是為必要。

(c) 鉀之化合物 大多數土壤中含有某種成分，可以因化學的作用，將可溶性鉀鹽變為可溶性或減少其可溶性。土壤中含有豐富黏土質及腐植質，變鉀為不可溶性之能力，常較砂土為大。溶解性鉀鹽例如氯化鉀，硫酸鉀，碳酸鉀等，施於土壤，大部分仍保存於表土，一部分滲入底土，而滲入地下水排泄流失者決少。存在土壤中之不溶性鉀質，繼續緩緩分解而成可溶性，以備植物之吸收。

(2) 物理的保持 (Physical fixation)

以上乃就化學的作用，使植物營養要如何保存土中而言，茲更就物理的作用 (Physical fixation) 言之。按有色之液體傾入木炭粉混合搖動，而取其濾液，則色素完全消失。蓋木炭粉每個小粒之表面有吸收固定色素之力。此非化學的作用，乃一種物理的作用。木炭與色素二者之間，並無何種變化或新物質之生成也。凡由溶液中吸收被溶解之物質而附着於微細粉粒之表面者，稱為吸着作用 (Adsorption)。微細之土粒及其他粉粒均有吸收溶液中溶解物之力，其吸着力之大小，依粉粒之種類及被吸之溶質而異。此種物理的吸着作用，在土壤中甚為重要，大凡黏土因其組織細密，故保持可溶性之植物營養料特多，不如砂中溶質之易被流失。附着於土粒表面之溶質，雖不易流失，但與植物根毛接觸，土粒與土粒間之溶質甚易為植物利用。

硝酸鹽在化學的作用言，不能在土壤生成不溶性物，易隨水流失；但因物理的吸着作用，一部分得附着土粒表面而保存。試施硝酸鈉於粒土，繼以水不斷的洗滌，只有小部分加入之硝酸鈉被洗出，於此可知土粒愈細，吸着力愈強，黏土常較砂土富於營養料者，可以藉此解釋。

#### 第六節 由土壤中損失之植物營養料種類及多寡 (五)

被雨水沖刷或隨風揚去之土粒，所含營養料亦遭損失，不問其為氮磷鉀，其損失並無多寡之別，但植物營養料隨水由土壤滲出者，則其所含溶解物，依各該物質之溶解度與土質而異。土中各種成分均多少可溶於水，故均有由土壤流失之可能，不過量之多寡而已。土壤中各種化合物以鈉、鎂、鈣之氯化物，硝酸鹽，硫酸鹽，最易溶解，重炭

酸鈣亦同。

(1) 鈣之化合物 土壤排出水中以鈣最多，施用多量石灰之耕土，每英畝排水中通常過五〇〇磅至一〇〇〇磅碳酸鈣。此種損失，一部分由於石灰之被溶於碳酸水溶液，一部分由於石灰質與土壤中他種成分起化學作用而消耗。土壤中酸類之生成或酸性物質之施入，先與石灰起作用，而生石灰化合物，大都易溶於水。例如有機質腐敗生出有機酸，或硝化作用生成硝酸，均使石灰易於溶解消失。又施用硫酸銣，硫酸鉀，氯化鉀，硫酸鈉等肥料亦使不溶性之石灰質變為可溶性相當之鈣鹽。

(2) 氮氣之化合物 除硝酸鹽可以由土壤損失外，其他氮氣化合物之損失決少，已如前述。大約每年每英畝硝酸鹽之損失約二五至五〇磅。有機性氮及亞母尼亞態氮，排水中絕少，但終久必變為硝酸鹽，是又易被流失矣。

(3) 磷酸化合物 磷酸在土中易變為不溶性，故流失少，每年每英畝至多不過數磅而已。但以大面積計之，其量亦不少，美國全國地面每年磷酸之損失約四〇〇、〇〇〇噸。據之研究，逐年施用多量廢肥之土地，磷酸之損失亦多。至於滲入底土或由他種原因而損失者則未經計算。

(4) 鉀之化合物 每年每英畝由排水而損失之鉀化合物約十磅左右，施用加里肥料之後其量常增，又砂土比之黏土損失較多，通常鉀之損失遙過磷酸之量，美國每年鉀由排水而損失者經計算為三、五〇〇、〇〇〇噸。此外由雨水或風力之侵蝕，隨土粒而失去者尙超過此數。

## 第七節 土壤中植物營養料之增加

營養分連年由土壤中損失已如前述，然亦因下列方法而增加：(1)施肥，(2)降雨，(3)細菌作用，

(4)底土上昇，(5)飼料購入，(6)灌溉水。分述如次：

(1)施肥 凡施於土中之肥料不問其爲天然或人造，均爲補給土壤損失之養分，所加入之多寡，當然依各種肥料之組成及施用量而定，詳細容後再論。

(2)降雨 隨雨雪降於地面之營養分，每年每英畝地面約增加氮氣二磅至十磅，平均四磅或五磅，大部分爲亞母尼亞狀態。降於地面養分之多寡，依雨量氣候及人烟稠密度而異。

(3)細菌作用 在適當環境根瘤菌與荳科植物營養共同生活，每季每英畝可以加入一〇〇磅至二〇〇磅氮氣。不良環境亦至少有五〇磅，然此不盡係由空中而來，其一部仍取之於土壤，普通以遺留土中之植物根株內氮氣代表由土中所取氮氣，以地上部分代表由空中而來之氮氣。如果以荳科作物作綠肥，則營養之增加不少。增加之多寡亦依細菌之種類數量，土壤理化性質及土中原有氮氣含量而定，此外更有獨生之固氮菌 (Azobacter) 亦能增加土中氮氣量。土地休閒一二年，不問有否野草之生長其間，往往硝酸鹽爲之增加，其明證也。

(4)由底土上昇 因栽培深根作物，或逐年增加犁田深度，可以使底土養分漸次上達以供植物之用。又因水分之滲透，或蒸發上昇，便於植物根部之吸收利用。

(5) 飼料之購入 農家購入飼料以養家畜，以糞尿施諸土地則一舉而兩得。蓋飼料中約百分之八十肥料成分均由糞尿排泄而出，且飼料中養分經消化機能以後，比原來狀態易於溶解，肥料價值以增。又各種增補土中損失之養分，大部為礦物質糞尿類除三要素外更添多量有機質。

(6) 灌溉水 河流下游低地，往往因灌溉或汎濫而沈積一層之肥土，或滲入不少肥料成分，隨水質與沈澱之多寡而定。河流沖積土之所以較肥沃，而山崗地之所以較為瘠薄者，一則常有植物之養料加入，一則常被沖刷以去有以致之也。

## 參考文獻

- 1 Van Slyke, Lucius L., *Fertilizers and Crops*, pp. 175-188 (1927)
- 11 Jacob and Coyle, *The Use of Fertilizers in Tropical and Subtropical Agriculture*, p. 21 (1931)
- 13 Van Slyke, L. L., *Fertilizers and Crops*, Part IV
- 四 彭家元，廣東土壤肥沃度概況，廣東土壤調查所，二十三年。
- 15 Hall, A. D., *The Book of Rothemsted Experiments*, pp. 217-239
- 16 Weir, W. W. *Productive Soils*, Lipjncov's Farm Manuals, p. 70.

## 第四章 肥料之分類 (Classification of Manurel Materials)

肥料之分類以性質，給源，有機質之有無，或效能之遲速等作分類標準均可，然彼此間往往混淆無顯然區別。

肥料：

(I) 直接肥料：

(A) 天然肥料：

(1) 動物質……糞尿類，魚肥，厩肥，骨，蹄，角，血，毛

(2) 植物質……落葉，糞稈，糠，綠肥

(3) 礦物質……白堊，石灰，草木灰

(B) 人造肥料：

(1) 動物質……屠獸場一切副產物及排泄物

(2) 植物質……油粕類

(3) 礦物質：

氮……硝酸鈉，硫酸銨等

第四章 肥料之分類



磷……過磷酸石灰等

鉀……氯化鉀，硫酸鉀等

(II) 間接肥料：

(1) 礦物質……石灰，食鹽等

(2) 植物質……綠肥，垃圾等

但就上表觀之，雖不免仍有重複之弊，亦頗清楚，茲再就各種名詞而解釋之。

(1) 直接肥料 凡含有植物營養素之物質，能即刻供植物之利用，或在適當之狀況能變為可給態者均稱為直接肥料(Direct fertilizers)。此等肥料皆易溶於水，或於適當狀況之下，能變為可以溶解者。例如乾血粉所含氮氣為有機態，均為不溶性，植物不能吸收，但在普通土壤，此種不溶性之氮質化合物漸經細菌作用，由腐敗分解，生成亞母尼亞，再變為硝酸鹽，早遲均被植物吸收而利用。

(2) 間接肥料 凡施於土壤之物質，不拘拘乎養分之供給，而在改變土壤反應或增進其理學性質，助植物之生長繁殖者，均稱間接肥料(Indirect fertilizers)或刺激物(Stimulants)。就其利益言：(a) 使不溶性養分變為可溶性，例如施用石灰促土壤中鉀化合物之變為溶解性；(b) 黏重土壤往往潤則膠結，乾則硬塊，施石灰以後，可使土壤無過黏過硬之弊；(c) 中和土中之酸性，及消滅毒質，使有益細菌易於繁殖亦易生長。

間接肥料有時完全不含有植物營養要素，或毫無營養價值者，亦有雖供給某種成分，而土中本來存在甚多，

取之不盡用之不竭者。例如食鹽之施用，在土中爲一種刺激作用，未見知普通肥料以供給主成分目的，如鈉或氯素 (Chlorine) 是也。又如碳酸鈣，氫氧化鈣，氧化鈣，硫酸鈣等，常常施用土中，非因土壤缺乏之成分不足以供植物之需求，實以中和土中酸性，或刺激磷與鉀之變爲可溶性，或改良土壤理學性質，爲主要目的。綠肥對於土壤之功用，亦在改良土壤物理性及化學的性質，以利於植物之生育，凡此物質非直接供給植物營養素氮磷鉀者屬之。

(3) 天然肥料 凡不經人工之製造，天然出產，不問其爲植物質，動物質，或礦物質，普通能得之於農場或天然情況者屬之。此中包括人糞尿，家畜糞尿，廄內食物殘屑及褥草，作物莖葉及其廢棄物，綠肥草木灰，泥炭 (Peat)，白堊 (Marl) 等。又其給源爲動物者可稱動物質肥料，其給源爲植物者可稱爲植物質肥料。

(4) 人造肥料 乃經人工製造配合之植物營養分，有特別之名稱及商標，故一般稱爲商品肥料 (Commercial fertilizers)，又因製造時多依化學方法而成，故稱化學肥料 (Chemical fertilizers)。普通皆爲純粹之無機質，如硝酸鈉，硫酸銨，氯化鉀等是也。

人造肥料之原料，有從天然礦產抽出某種物質，或以該原來礦物質而製成者，可稱爲礦物質肥料。此外大工業之副產物，亦爲人造肥料之大宗，例如製造焦炭或煤氣，其副產物即爲硫酸銨是也。人造肥料之主要成分，通常爲氮磷鉀之一或一以上之化合物。只含一種或兩種成分者曰單質肥料或不完全肥料 (Incomplete fertilizer)。三要素俱備者稱爲完全肥料 (Complete fertilizer)。單質肥料中因所含氮，磷，鉀之不同，又有氮素肥料，磷酸肥料，及加里肥料之別。

(5) 動物質肥料 乃以動物為給源之肥料的總稱，如人糞、尿、廐肥、魚肥、海鳥糞、骨粉等屬之。一般動物質肥料均富於氮素與磷酸，腐敗易分解，而富於有機質，有間接改良土壤之效力。

(6) 植物質肥料 凡以植物為來源之肥料屬之，除氮、磷、鉀之外，含有多量之有機質，具有直接或間接肥料之效力。其主要之肥料為油餅類（即大豆、油菜、花生、棉籽等榨油後之殘渣）綠肥、米糠、蘆稈之類。

(7) 礦物質肥料 凡不屬於動植物質之肥料，而來源直接或間接取給於礦產之肥料屬之。例如德國之鉀質肥料，製造過磷酸石灰所用之磷礦，智利硝等是也。磷質海鳥糞亦可謂之為礦質肥料。此等肥料普通均不含有機物，概為無機成分，化學肥料亦為無機質，故亦可稱為無機質肥料。

## 第五章 人糞尿 (Night Soils 或稱下肥) (111, 114)

### 第一節 糞尿之生成

糞概爲食物之不消化之部分，尿則食物之消化者循環動物體內，經生理作用後，變爲廢物與水共自腎臟而排出之者也。今概說食物變爲糞及尿之順序如下：

食物先入口腔咀嚼之，磨碎之，與唾液共經咽喉及食道而入於胃腸，唾液含有糖化酵素(Ptyalin, Diastase)，故食物中澱粉之一部，受其作用變爲溶解性之糊精(Dextrine)與麥芽糖(Maltose)。胃受食物時，自其內壁分泌胃液，且因胃壁之收縮作用，爲特有之運動，故能混合食物與胃液，分解使爲粥狀。而胃液含有鹽酸及乳酸外，尚有一種酵素(Pepsin)，故食物之一部分，受消化作用變爲溶解性，蛋白質分解變爲Peptone。此等消化物之大部分滲透胃壁之血管，及淋巴管之膜壁，入於血液，胃所不能消化之食物入於腸內，與腸液及膽汁相接觸，消化其蛋白質，脂肪及澱粉，而其已消化者，滲透腸壁之毛細管，而入於血液，其在腸未受消化者，遂排泄於體外，所謂糞是也。

食物之在胃腸消化者，滲透其內壁之細管，入於血液，循環體內各部，營種種之生理作用。構成之蛋白質與脂

肪，貯於體內構成新機官，或與舊機官新陳代謝，再依肺之呼吸作用，分解為碳酸，尿素，發生熱，而為生活力之根源，如此種種之生理作用後，其變為廢物者，遂排泄於體外。此等廢物中如水及碳酸，依呼吸作用及發散作用，自鼻腔及皮膚排泄其一部分，或大部分。尿素則與其他之有機化合物及無機化合物共溶解於水，濾出於腎臟，自膀胱及尿道排泄之，所謂尿是也。

如此食物入於人類或其他動物體之消化器後，其一為糞，一部為尿而排泄於體外，且在已成長之動物食物中，氮素之全部與礦物質之大部分，悉排泄之於糞尿中，則給與食物於已成長動物，其食物中所含之肥料成分，殆盡為糞尿而排泄之可以知矣。不寧惟是，食物一旦通過動物體內，受諸種之作用後，比之未入動物體以前之原物質肥效更大，故有機質肥料中，苟有為家畜之飼料者，先使家畜食之，而後利用其排泄物，以為肥料，實一舉兩得也。

## 第二節 人糞尿之重要及其性質

人糞尿在我國及日本，自古以來羣視為重要之肥料，廣施用之。而在歐美諸國，大都市則多與庖廚之污水，及其他之廢水自暗溝排洩，所謂 *Sewage* 者，含水量多，肥料成分少，以之為肥料不甚適當，放棄於河海以為常。蓋在歐美畜產業甚發達，利用家畜糞尿以為肥料，人糞尿則用之者頗鮮。而在我國及日本畜產業尚幼稚，凡家畜糞尿產額不多之處，能利用人糞尿以為肥料，實合肥料經濟之要旨。何則，人糞尿之根源，導自食物，食物雖有直接與間接

吸收土壤中之養分者之別，而要皆依土壤中之養分而生產者也。不施用人糞尿則不得不藉他種之物質以償還地方，此人糞尿所以特為重要之肥料也。

表九 人糞尿價值之估計

類		依表十每年每人糞尿中所含三要素，并以N每斤值大洋五角，P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 及K <sub>2</sub> O各值一角推算。		
別	每年每人產量	每年每人糞尿價值	四萬萬人每年之糞尿價值	
N	氮氣	八·二四斤	四·一三〇元	一、六四八、〇〇〇、〇〇〇元
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	磷酸	一·八八	〇·一八八	七五、二〇〇、〇〇〇
K <sub>2</sub> O	加里	一·六九	〇·一六九	六九、六〇〇、〇〇〇
共	計	一一·八一斤	四·四七七元	一、七九〇、八〇〇、〇〇〇元

假定人糞尿三分之一能用作肥料，則其價值約當為六萬萬元，如舍人糞尿而不用，則必須購外國化學肥料施用，每年之損失當為六萬萬元。

然人糞尿中有痢瀉等菌，有鈎蟲蛔蟲等寄生生物，用水田等固無不宜，用之澆菜實為危險，西人來華莫不指為笑柄，此於經濟之外衛生不可不注意者。人類之食物，年齡，健康，及其勞動之狀態如何，不惟異其糞尿之排泄量，且及至大之影響於其外觀之實質。即哺乳兒之糞，呈黃色；混食者之糞，呈青褐色；肉食者之糞，呈黑褐色；菜食者之糞，呈綠色；病者之糞，呈灰白色，黃灰色，或橙赤色；服藥者之糞，則各視其藥劑，呈種種之色。就糞之反應言之：在混食

者，呈中性或至鹽基性；在肉食者，概呈鹽基性；在哺乳兒及菜食者，呈酸性。比重概為 1.045 至 1.068。然在多食脂肪者，或病者，則小於一者有之。臭氣則由於揮發性之脂肪酸，硫化氫，氨（亞母尼亞），Indol ( $C_9H_7N$ )， $Ca^{+}O_1$  ( $C_9H_7N$ ) 等。人糞之成分其主要者為各種之脂肪酸，氨基酸 (Aminoacid)，Nuclein，不消化蛋白質，炭水化合物，鹼基質 (Indol)，糞基質 ( $Ca^{+}O_1$ )，石炭酸等。又含有種種之細菌及酵素。

健康人尿新鮮者為黃色透明之液，因其含有 Urobilin 色素之故。比重概為 1.021—1.033。而在患糖尿病者，起於 1.04 者有之。自健康者排泄之尿，絕不含酵素及微生物，與人糞異其反應，為微酸性，以其含有酸性磷酸鹽類，及種種酸類之故。人尿之乾物質概為 3—4%。

人尿不惟含有種種之可溶性酸類，且含有多數之含氮素有機物，即尿素 (Urea)，尿酸 (Uric acid,  $C_5H_4N_4O_3$ )，馬尿酸 (Hippuric acid,  $C_9H_9NO_3$ )，(Creatin,  $C_4H_7N_3O$ ) 等是也。據 Otto Folin 之研究，人尿中氮素百分率如下：

尿素態氮素	八七〇%	尿酸態氮素	〇・八%
亞母尼亞態氮素	四・三	其他氮素	三・八
Creatine ( $C_4H_7N_3O$ ) 態氮素	三・六		

第三節 人糞尿之肥料成分

人糞尿之成分，由種種事情而異，不能一概而論。今記歐洲之多數調查的平均成分，以及一人之平均產額於下以示一斑。（依Haffner）

表十 人糞尿之平均成分及每人之產額平均

類別	糞		尿		合計	
	一日 (gr)	一年 (kg)	一日 (gr)	一年 (kg)	一日 (gr)	一年 (kg)
全量	一三三·〇〇	四八·五〇	二二〇·〇〇	四三八·〇〇	一三三三·〇〇	四八五六·〇〇
乾物量	三三·〇〇	一一·一〇	六四·〇〇	二二·三五	九四·〇〇	三四·四五
有機物	二五·五〇	九·九〇	五〇·〇〇	一八·一五	七五·五〇	二八·一五
全氮素	二·一〇	〇·七五	一一·一〇	四·四〇	一四·二〇	五·一五
灰分	四·五〇	一·六五	一四·〇〇	五·〇〇	一八·五〇	六·六五
磷酸	一·六〇	〇·四九	一·七八	〇·六五	三·一三	一·一四
加里	〇·六四	〇·二四	二·二九	〇·八五	二·九三	一·〇八

人糞尿之成分，因人之年齡而大異，即在壯者糞尿中所含之養分與食物中所含之養分常略相等。而在幼者尚在成長中，食物中之養分，多用之資骨格筋肉等之發育。故其排泄物之於肥料成分，而富於水分。且其成分中氮素、磷酸及石灰尤少。據吳耳夫 (Wolf) 及列門 (Lahmann) 兩氏之調查，一人一日之糞尿之生產量及其成分如下：



表十一 年齡與人糞尿成分之關係

類	別糞(公分)		所含量(公分)			尿(N%)	所含量(公分)	
	氮	磷	氮	磷	酸		氮	磷
長者	女	一五〇	一七四	三二三	一五〇〇	一五〇〇	六六八	
		四五	一〇一	一〇八	一三五〇	一〇七〇	五四〇	
	男	一〇〇	一八四	一六〇	五七〇	四七二	三一六	
		二五	〇五七	〇七三	三五〇	三六八	一七五	
幼者	女	四五	一〇一	一〇八	一三五〇	一〇七〇	五四〇	
		一〇〇	一八四	一六〇	五七〇	四七二	三一六	
	男	二五	〇五七	〇七三	三五〇	三六八	一七五	
		四五	一〇一	一〇八	一三五〇	一〇七〇	五四〇	

人糞尿之良否，又視食物之如何而殊。大抵肉食者之糞尿較富於肥料成分，菜食者之糞尿乏於氮素及磷酸，而富於加里以爲常，克勒 (Koller) 嘗於日本東京農科大學就生活之程度與糞尿之關係研究之，據其結果如下：(新鮮糞尿千分中)

表十二 生活程度與糞尿之關係

類	別農	家商	家中	等官	吏軍	人
水	九五二・九〇	九五三・一〇	九四五・一〇	九四四・一〇		
有機物	三〇・三〇	三一・八〇	三八・九〇	四〇・七〇		
灰分	一六・八〇	一五・一〇	一六・〇〇	一五・二〇		
氮素	五・五一	五・八五	五・七〇	七・九六		

由右表觀之，軍人之糞尿最富於氮素及磷酸；農家之糞尿，最乏於氮素及磷酸，而富於加里，蓋日本軍人其食物皆有定則，富於滋養物，農家慣於粗食故也。今更據日本森農學士及吳耳夫 (Wolff) 之分析成績，將日本人之糞尿與歐洲人之糞尿比較其平均成分如下：

表十三 日本人與歐洲人之糞尿成分比較

磷	酸	一·一六	一·三三	一·五〇	二·九七
加	里	二·九五	二·八八	二·四〇	二·〇七
食	鹽	一·一六〇	九·〇六	九·九〇	八·三七

類	別	日	本	人	之	糞	尿	歐	洲	人	之	糞	尿
水	分	九五·〇〇%				九三·五〇%							
有	機	三·四〇				五·一〇							
灰	分	一·六〇				一·四〇							
氮	素	〇·五七				〇·七〇							
磷	酸	〇·一三				〇·二六							
加	里	〇·二七				〇·二一							
食	鹽	一·〇二				〇·六六							

克勒更就日本農家之糞尿，分別調查之，以與歐洲農夫之糞尿比較，其所得成績如下：

表十四 日本農夫與歐洲農夫之糞尿成分比較

類	糞		尿	
	日本農夫	歐洲農夫	日本農夫	歐洲農夫
水	八八·五八%	七七·二二%	—	—
有機物	一九·五八	一九·八八〇	一·四〇%	二·四〇%
灰	一·八四	三·〇〇〇	一·六三	一·三〇
氮素	一·〇四	一·〇〇〇	〇·四三	〇·六〇
磷	〇·三六	一·〇〇一	〇·〇六	〇·二七
加里	〇·三四	〇·二二五	〇·二八	〇·二〇
石	〇·〇五	〇·六五二	〇·〇三	〇·〇二
食鹽	〇·六一	二〇·七〇	一·三〇	〇·八二

據上表觀之，歐人之糞尿，較濃厚於日本人之糞尿。富於氮素及磷酸，而乏於加里可以知矣。其所以生此差異者，概由於食物之關係。即歐人率採用於氮素及磷酸之食物。而日本人則以穀物蔬菜等為主也。而農夫之糞，有機物甚多者，則概由於用富於纖維質之食品焉。

人糞尿之成分，又視人之勞逸而大殊，日本山田學士嘗就各種職業者之人尿，檢定其氮素含量，謂車夫之尿最富於氮素云。蓋勞者比之逸者消費筋力多，故蛋白質及其他養分分解作用較盛，其尿自然富於氮素及其他肥

料成分也。

#### 第四節 人糞尿之管理法

人糞尿不惟適於細菌之發育，且人糞含有諸種之細菌。曝露人糞尿於空氣時，自空氣中入於人糞尿之細菌，與人糞尿內固有之細菌相合，益以繁殖，而人糞尿中之含氮素有機物，及無氮素有機物，遂大為之分解，即蛋白質之氮素先變為 Anides (胺)，更變為亞母尼亞。其硫黃則變為硫化氫，一部分更氧化變硫酸。而蛋白質之炭素三元素，不惟氧化而為碳酸，沼氣，及水，又變為乳酸，酪酸，等之有機酸。無氮素有機物，則因發酵作用，經複雜之變化後，變為種種之有機酸，碳酸，沼氣，及水。新鮮人尿中成分之尿素，此際因加水分解作用變為碳酸，亞母尼亞。尿之酸性反應至是亦為鹽基性，而呈暗綠色之特徵矣。



如欲促進人糞尿腐熟之速度，可加大豆粉大約每千份中加二份在攝氏二十度左右約經一二日即腐熟完全，蓋大豆中亦有尿素菌之存在也。

腐熟之人糞尿，足資作物之營養，而其新鮮者，則能使作物凋萎，甚且有枯死者。克勒氏研究其理由說明之如下：

人糞尿不論其為腐熟者，或為新鮮者，其所含物質皆非直接有害於作物，而新鮮之糞尿，獨能使作物凋萎者，全由於新鮮糞尿中，含有尿素。此物不為土壤所吸收。土壤之濃度大增，阻止根之吸收作用，植物因之凋萎，腐熟之糞尿，尿素變為亞母尼亞，而亞母尼亞易為土壤所吸收。故施用腐熟之糞尿於普通耕土，土壤中溶液之濃度無甚增加也。據多數之試驗成績，凡土壤溶液之濃度，超於 $0.5\%$ 時，則害植物之生育。新鮮之人尿概含有 $2\%$ 之尿素，與 $1.5\%$ 之可溶性鹽類，雖加三倍之水以稀釋之，其濃度尚超於 $0.5\%$ ，宜其阻害根之吸收作用而致萎凋也。

克勒氏更說明新鮮糞尿不可用之理由如下：

施用新鮮之糞尿時，人尿之主成分之尿素，不為土壤所吸收，故因雨水灌溉水接觸，或漏洩於下層土，或流至他處成爲損失。

由是觀之，施用新鮮糞尿，不惟有害作物，且損失其氮素之一部分。此人糞尿所以必待腐熟而復施用之也。況據田澤氏等之研究，尿素直接有毒於植物，其水溶液之濃度達於 $0.05\%$ 時，足阻植物之生育者乎。(二)

人糞尿必待腐熟而後用之，其理由上既述之矣。人糞尿腐熟時所生之亞母尼亞，及碳酸亞母尼亞，皆爲揮發性，若貯藏不得其宜，勢必至養分飛散，損失甚巨，此貯藏法所以亟宜講求也。

凡揮發性之物質，溫度愈高，飛散愈速。克勒及日本森農學士嘗就氣候之寒暖，與氮素損失量之關係，詳爲研究，其試驗結果如下：

氮素含量百分中損失量

自二月二十日至三月十一日 五・九八%

自四月二十四日至五月十五日 六・三二%

自七月二十三日至八月十三日 七・五〇%

由是觀之，天氣炎熱之時，氮素之損失最多，溫暖之時次之，寒冷時最少。故貯藏所宜設於陰冷之處，而此注意於夏期爲尤重要。

又揮發性物質散失之難易，與空氣亦有關係。據日本今關學士之試驗成績，貯藏人糞尿於空氣流通之處，氮素之損失量大。反於是者小。故貯藏人糞尿宜蓋而閉之。

又揮發性物質在溶液中濃度愈大，揮發量亦益多。人糞尿若過於濃厚，則有效成分之損失甚巨。故宜加適量之水以稀薄之。人糞尿貯之愈久，損失愈多，克勒等管就此研究之，其成績如下：

氮素全量中損失量

自五月至七月 凡十一星期 二〇・一七%

自七月至八月 凡五星期 一三・七〇%

綜以上所論觀之，得述其要點如下：

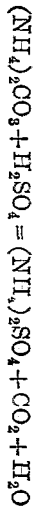
(一) 溫度愈高，氮素之損失愈大。

- (二) 空氣愈流通，氮素之損失愈大。
- (三) 糞尿愈濃厚，氮素之揮散愈增。
- (四) 貯藏期久，氮素之含量愈減。

觀於此於貯藏之道思過半矣。但貯藏之設備應若何爲之，試略述之如下：

貯藏之目的，在防有效成分之消費，宜擇比較的陰涼之地爲貯藏所，其容器須用稍大者，埋之土中，其上部以高出地面二三寸爲度，東南西三面，設小屋或用藁以蔽之，其高以無礙糞尿之注入，及吸出爲度。容器亦宜覆以蓋，北面雖可開放，然亦設戶扉以便閉鎖，南面有樹林就其近傍設貯藏所，則更便矣。

人糞尿之貯藏法略如上所述，惟貯藏之設備雖完全，而貯之過久，氮素之一部終難免其損失，於是講求防遏此損失之方法者頗多，而以加入過磷酸石灰爲最善。



蓋過磷酸石灰其主成分爲磷酸一石灰，而又含有硫酸石灰，與少量之游離硫酸，呈酸性反應，若以之與腐熟之糞尿混合，則起複分解作用，生磷酸銨 (Ammonium Phosphate)，或硫酸銨。故亞母尼亞悉爲之固定。此方法既足防亞母尼亞之飛散，而又足補充糞尿之磷酸，實一舉而兩利備焉。

## 第五節 人糞尿之施用法

人糞尿富於溶解性之氮素，其既腐熟者，亞母尼亞性氮素約占全氮素之八十%，肥效頗速，故適為補肥。然其含有機物頗少，宜常與有機物質肥料合用之；若以人糞尿為基肥，宜先與枯草落葉等共堆積之，使之腐熟。倘用人糞尿為補肥，則宜俟腐熟後，加以數倍之水，數回分施之。若於播種或移植之先一時多用之，則作物於生長初期，吸收多量之有效性氮素，以繁茂其莖葉，而結實之期，養分反至缺乏，往往呈豐於莖葉，蓄於子實之現象。且糞尿中之氮素，因土壤中之硝化菌變為硝酸鹽，故一時若用之過多，則植物未攝取之前其氮素之一部已為雨水或灌溉水流逸以去矣。如砂土吸收養分之力極弱，當用人糞尿時，非與堆肥廐肥及其他富於有機質者混用之，以使土壤增加有機質，且大其吸收力，則氮素之損失必多，且非數回分施之，其效亦不著。至如黏土富於吸收力，雖減其分回數亦可。然不與有機物質肥料併用之，則土壤中有機物益缺乏，土性為之不良。

施人糞尿之稀薄液於乾燥之土地，則糞尿中之養分普布土中，與植物之根接觸，故其肥效頗著，但在旱魃時所施糞尿，宜特別稀薄之，於早晨或薄暮稍離植物之根施用之。若用人糞尿之稍濃厚者，則宜於土壤適宜溼潤時，或降雨前施之於作物之畦間。蓋濃厚之糞尿，貽害作物也。用人糞尿於水田，則宜於田中之水減少時施之，或先則排水而後施之，且攪拌土壤，暫停灌水約一晝夜間，使養分悉為土壤所吸收。

農家施用人糞尿，直接播種於其上者有之，其目的固在促種子發芽，且使幼植物早得吸收養分也。然從理論



上觀察之，實爲有害，蓋種子發芽之際，所需之養料，不在鹽基性，而在弱酸性，腐熟糞尿爲鹽基性，背乎其生理故也。若先施糞尿，薄敷以土，而後播種，則可無是患矣。

使用人糞尿後，往往臭氣四散，誘致害蟲，致莖葉爲之傷害，是宜於畦間穿一淺溝，加人糞尿後以薄土掩之，如是則臭氣之發散不多，不致誘致害蟲矣。

據克勒氏之研究，土壤中能得氮氣磷酸加里以外之諸養分完備，且得光熱溼度狀態調節適當，而人糞尿中之氮氣六〇%可爲作物吸收利用。例如人糞尿十萬兩中，含氮氣五五〇兩，其可爲作物吸收利用者，三三〇兩，與六〇%相當，今將此計算用之大麥栽培；大麥之生產比例大概種實一分，莖葉一·五分。前者含氮氣一·七七%，後者含氮氣〇·二七%，故吸收氮氣三三〇兩之大麥，其種實中應含氮氣一九八兩，莖葉中應含一三二兩。種實之收量當爲一一六四七兩，莖葉之收量當爲一萬九千兩，是理論上人糞尿十萬兩中之氮氣，能營養大麥而生產種實一一六四七兩，及莖葉一七四七〇兩，但十萬兩人糞尿中之磷鉀，足以供此生產之用否，尙屬疑問，如其不足，此氮氣不能完全利用，理論上之收量仍不能達到。

人糞尿之三成分中，氮氣雖較多，而磷酸及加里甚乏，故人糞尿尙不得稱爲完全肥料。當施用時宜輔以磷酸及加里肥料。但可與人糞尿合用之磷酸及加里肥料，以何者爲宜，亦應研究及之；腐熟之人糞尿，富於碳酸銣，其反應爲鹽基性，故於中性土壤當與人糞尿合用之磷酸及加里肥料，其合成反應以弱酸性爲適宜。而人糞尿之氮素其效頗速，故與此合用之磷酸及加里肥料，亦宜爲速效性。適於此等之目的者，過磷酸石灰及草木灰或硫酸加里

及其他之加里鹽是也，但施用此等肥料，特別注意者為草木灰，即揮散其亞母尼亞而損失其氮素。故人糞尿與草木灰，宜隔數日分別施之，不可混合一處。

人糞尿富於氮氣，故對於桑茶及蔬菜等類之需葉作物為有效，但用之煙草幼根者，雖有效，而於其已生長者，則非所宜，因有使葉筋粗大，香味辛辣，及害燃燒性等弊也。至施之穀類，及其他普通作物，若佐以磷酸及加里肥料，則亦發揮其效用。如豈科植物雖需用磷酸加里及石灰，而當其幼稚時，尙未能利用空氣中之氮素，亦要氮素肥料。故若早施以少量之人糞尿，亦頗為有效。

## 第六節 人糞尿之消毒

人糞尿之施用乃一經濟問題，亦係衛生問題，已如前述，故凡生食之蔬菜不可澆以糞水，農人未受教育對於此尤須長期勸導。

人糞尿中含有蛋白質諸有機物，及種種之可溶性鹽類，故微菌易以繁殖，為傳播病疫媒介，故投消毒劑於人糞尿之影響若何亦當注意者：

(1) 消毒劑能殺滅病原菌，而亦能殲盡糞尿中之有益生物，故糞尿雖幾越時日，尙保新鮮之狀態，而絕不至腐敗醱酵。故以之施於土壤，尿素不能變為亞母尼亞，呈有害作用，否則亦必流逸以去。

(2) 消毒劑大概溶於多量之水而後用之，故入消毒劑之糞尿，往往增其容積，而不便於運搬。

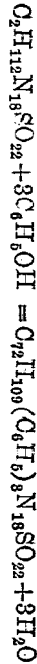
(3) 消毒劑既有害於作物，若施用上不注意，則作物為之枯死者有之，今更就所用之消毒劑與作物生育之關係略述之：

(1) 石炭酸 (Carbolic acid or Phenol) 石炭酸有殺菌之效力者，良以石炭酸能滲透細菌之細胞膜內，凝固其原形質，今苟注石炭酸於糞尿中，其量達於1%，已可殺滅糞尿中之各種細菌，然有益之腐敗菌，亦為纖盡。

蛋白質

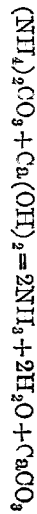
石炭酸

不溶於物質



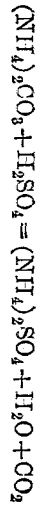
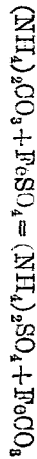
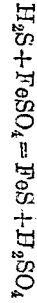
如是則糞尿永不腐熟，與新鮮者無異，以之培養作物，不惟效用絕少，且石炭酸侵害植物之根細胞，使之萎枯以死，據日本東京農科大學試驗成績，浸於0.1%之石炭酸水之大麥，及浸於0.05%之石炭酸水之大豆種子，皆失其發芽力。又用人糞尿含0.25%之石炭酸者為大麥基肥，大麥因以失發芽力者不鮮。其量達於1%時，則發芽力全失之矣。小麥生長甫達二三寸者，所用糞尿，其中含有2%之石炭酸，作物悉以枯死，而其充分生長者，雖含3%，亦不呈有害作用。由是觀之，混合石炭酸之人糞尿，惟成長充分之作物，始可用之；然亦宜多加以水，使之稀薄，而尤不可接植物之根。用之水田其害較少。

(11) 生石灰 (Caustic Lime) 投入生石灰於糞尿中，則生石灰與其中所有之水分化合而為消石灰 (Slaked Lime)，此際發熱甚著，且石灰為鹼性，故細菌因以撲滅。(直接用消石灰亦可)



然糞尿之新鮮者，因之不易腐熟，其既腐熟而生炭酸銨者，為氫氧化鈣，驅散其亞母尼亞。且糞尿中之可溶性磷酸，亦變為不溶性之磷酸三石灰。故糞尿之肥效，因是大減，然石灰無害植物之生育，混入石灰之糞尿施用之亦無大害。

(三) 綠礬(Green Vitriol) 即第一硫酸鐵(Ferrous Sulphate) 硫酸鐵亦有為消毒劑者。



然不如石炭酸之劇烈，其有消毒之效者，惟原於酸性反應。欲以撲滅細菌，不得不多用之，故第一硫酸鐵，不足稱為消毒劑。然投之於人糞尿中，則能吸收自糞尿分解所生之硫化氫及炭酸銨，生硫化鐵(Ferrous Sulphide)及硫酸銨。防止硫化氫及炭酸銨之臭氣，但新鮮尿中所有鹼基質(Uricol) 糞基質(Skatal) 等之臭氣，尚不足防止之。加於糞尿之第一硫酸鐵，其量若豐，施於田土不但使土壤呈酸性，且硫化鐵之生成亦必多，致害植物之生育，於腐植土為尤然，故施用此種糞尿，須加水使之稀薄，離作物之根而施之。

(四) 蟻醛液(或稱福馬林 Formalin) 殺菌力強,其處理又極簡便,故近來多用以為消毒劑。Formalin 含有蟻醛[Formaldehyde( $H_2CO$ )]約四〇%,其能撲滅微生物者,由於有凝固蛋白質之作用。加入 Formalin 之糞尿,其腐敗作用為之阻遏,與用石炭酸時同。然 Formaldehyde 之稀薄溶液,不惟無害植物之生育,且可促種子之發芽,或植物之生長,故 Formalin 非如石炭酸之危險。又入 Formalin 於糞尿中,亦有防臭之效,此由於 Formaldehyde 與亞母尼亞化生 Hexamethylentetramine 也。



蟻醛 福馬林 (Hexamethylentetramine)

(五) 其他消毒劑

- (1) 硫酸鋅 (Zinc Sulphate)
- (2) 過錳酸鉀 (Potassium Permanganate)
- (3) 漂白粉 (Bleaching Powder)
- (4) 石油
- (5) 樟腦油
- (6) 木油質

以上惟舉其最重要者論其得失,此外以防臭殺菌之目的所用藥劑種類尚多,不具述。

## 第七節 人糞尿之利用法

日本竹內博士發見大豆種子內有一種尿素菌，能促進糞尿之腐熟。工業的利用於新鮮人糞尿可以製造硫酸銨。日本明治四十三年嘗設立東京硫酸肥料會社，由人尿六〇〇擔中可得硫酸銨一二擔云。

中國朝鮮自昔使用之糞塊，西人譯名曰「F. F. B.」即大糞之音。中國糞塊之製造，各地不同，平津一帶乃加肥土（Lorn）於人糞尿中，使之十分捏合而為塊，置於空氣中令其自然蒸發乾涸者，自是一種乾糞。據北平中央農事試驗場之分析，平均約含磷酸百分之九·九五，加里一·一五，氮素二·六%云。又該場之新製改良糞乾方法，係用新鮮人糞八十五份，磨碎風乾之河泥十份，（增加有機質藉以保存氮氣）草木灰五份，（草木灰含加里甚多，然不可過多，恐其間之碳酸鉀將氮氣逐出也）先將人糞攤於不透日光之處，（在堆房中製造）再將泥灰勻鋪其上，待其風乾混合極勻，其分析成績如次： $P_2O_5 = 1.71\%$ ， $K_2O = 1.59\%$ ， $N = 2.4\%$ 云。然此係八十五與百分比較，若改成百分，則其成分尙超過普通之糞乾云。

歐美人糞尿之利用法：如前所述，歐美諸國多由暗渠排洩人糞尿於河海，而用之為肥料者少，然放流糞尿於河海，流失可惜，故近時講求糞尿之利用法者亦頗有之，今述其大要以供參考：

（一）集各戶之糞尿於貯藏所，加以少量之硫酸，防亞母尼亞之揮發，蒸發而乾涸之，碎為粉末，所謂 *Pond-rotter* 者是也。

(二) 混合灰, 坭炭, 或煤滓於糞尿, 使之乾燥而後粉碎之以爲 *Poudrette*, 如此所得之 *Poudrette*, 據阿陀 (Otho) 氏之調查, 其中所含成分氮素六至八%, 磷酸一至四%, 加里三至九%。

(三) 自各戶收集人糞尿加以石灰乳蒸餾之, 導其蒸氣於硫酸中, 使吸收亞母尼亞, 以成硫酸銹。



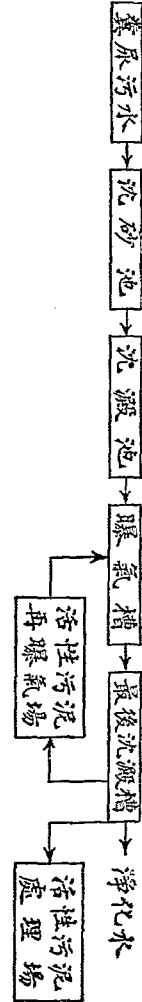
依此法得自一立方米突之糞尿, 製成 824Kg 之硫酸亞母尼亞云。

(四) 先加少量之石灰, 氯化鎂, 明礬於糞尿, 使諸種之揮發性有機物沈澱, 然後壓榨之, 分爲固體部, 與液體部, 固體部乾燥之, 以爲 *Poudrette*, 液體部更加以少量之石灰蒸餾之, 導其亞母尼亞於硫酸中, 使變爲硫酸銹。

(五) 活性污泥 (Active sludge) (H. K.)

人糞尿之在歐美向由排水溝而流入江河, 農學者久欲設法利用, 惜所有氮氣大都爲溶解性, 且容積大, 過於稀薄, 終無良好之方法, 最近有所謂活性污泥之製法: 即於污水 (Sewage) 中首先加入新鮮無水之糞尿以介紹細菌, 在一大池中, 由底部送入空氣的氣泡而攪動全體, 如此促進化學的及微生物的作用, 膠質物聚集成團, 而沈於底部, 四五點鐘後漸次澄清, 上部清液可任其流去, 此種沈澱物即所謂活動性污泥也。一部分乾燥後可用爲肥料或混入他種肥料, 其殘餘部分含有水分者, 可再混入新鮮之污水, 以介紹微生物。

活性污泥之製造過程



活性污泥含有較豐之氮氣，茲示其分析成績如次：

表十五 活性污泥所含肥料成分比較

肥料成分	地 點				名 稱	古 屋
	Milwaukee	Boston	Maywood	Pasadena		
全 氮	六·三七%	四·八四%	四·七二%	六·四一%		四·二九%
水 溶 性 氮	〇·四九	〇·八四	〇·七二	二·六一		—
水 不 可 溶 性 氮	五·八八	四·〇〇	四·〇〇	三·八〇		—
全 磷	二·九九	二·三三	四·二〇	三·九四		一·九五

由此可見活性污泥含氮素特多，有時超過七%者有之，此中六五%之氮素為不溶性，磷酸之七五%能溶於檸檬酸鈹，加里之含量普通不足〇·五%，有機質通常超過三〇%云。

活性污泥所含之氮素，其效能據之試驗結果，約與棉子粕及 Fertilizer Tankage 相等，而優於皮革屑 (Di-



gested leather) 及 Garbage tankage 云。

參考文獻

- 一 小野寺伊勢之助 肥料學各論上卷第一章第一節——三五頁（一九三三）
- 二 鶴田萬平 肥料土壤寶典一二四——三四頁
- 三 吉村清尙 肥料學講義七八——一〇頁劉友惠譯
- 四 Wheeler, Manure and Fertilizers, pp. 10-18
- 五 Active Slugs, Jour. Amer. So. Agron., Vol. 18, pp. 953-962 (1926)
- 六 關於活性污泥之製造過程及其肥料價值，日本土壤肥料學雜誌第八卷第一號八六——九〇頁昭和九年三月

## 第六章 家畜糞尿 (Excrements of Farm-Animals) (一二四)

### 第一節 家畜類糞尿之性質

家畜之飼料與人類之食物大異，雖其消化之原理略同，而其排洩之狀況頗異，糞尿之性狀不能無異，即人尿中之氮素化合物，其主要形態為尿素，而在家畜之尿，則尿素之外，尚含有馬尿酸 (Hippuric acid  $C_9H_7NO_2$ )，而馬尿酸尤占其大部分，下表示人尿與家畜尿成分上之不同。

成	尿	分		尿	尿	
		人	牛			馬
尿	酸	態	氮	〇・八〇	一・〇二	〇・六五
馬	尿	酸	氮	〇・五〇	二二・四六	三・〇二
尿	素	態	氮	八七・〇〇	二九・七七	七四・四七
磷		酸		〇・一九	微	無
加		里		〇・二四	一・四〇	一・六〇

又人尿呈酸性而家畜之尿則為鹽基性，其尤異者人尿中必有磷酸，而家畜尿中之磷酸則僅為其痕跡，或絕



無機物	氮素	
	糞	尿
糞	四五·五	五一·〇
尿	一八·三	三八·六
糞	五三·九	七〇·八
尿	四三·一	四六·七
糞	六三·二	六三·二
尿	四〇·三	四〇·三
糞	八五·六	一六·三
尿	六八·四	三五·一
合計	一〇三·五	八六·三

據上表觀之，飼料中之有機物，約四五%，氮素約八六%，排泄之於糞尿。而無機物之排泄量，則較多於飼料之含有量可以知矣。糞尿中無機物之量，稍過於飼料中無機物之量者，家畜於食物之外，尚飲水若干，水中所含鹽類，亦排泄於糞尿中，且飼料中之蛋白質之硫黃成分，因氧化之結果，變為硫酸鹽而排泄之也。約略計之，不問家畜之種類與年齡，氮磷鉀三要素之存於飼料者平均百分之八十隨糞尿而排出，供役及促肥之家畜則有百分之九十至九十五，乳牛及未成長之幼畜糞尿其由飼料而來之三要素不過百分之五十至七十而已。

飼料中之乾物（乾有機物 Dry organic matter）究有若干%由糞尿而排出，依家畜種類而有多寡，由下表可見其平均數：

表十七 飼料中乾物排泄於糞尿者百分率

家畜	糞		尿		合計
	牛	牛	牛	牛	
牝	三八·〇%	四四·〇	五·八%	六·三	四三·八%
牡	四四·〇	四四·〇	六·三	六·三	五〇·三

羊	四二·六	六·八	四九·四
馬	四六·七	五·七	五二·四
平均	四二·八	六·二	四九·〇

即飼料中之乾物排泄於糞尿者，約占其量之一半可以瞭然矣。要而論之，飼料中之氮素及無機物之一部，雖用以維持生命，或促進生長，而其餘部分實排泄於糞尿中，且飼料中之成分，大抵溶解性物質少，而足以助作物之生育者極鮮。自通過動物體之際，受諸種作用，變為分解容易之形態，而易為作物所吸收，故糞尿比之飼料肥效實大，家畜體內殆不啻一種之肥料製造場焉。

(b) 各種家畜每年每頭可產糞尿若干，及其所含之三要素量，雖因家畜之種類，年齡，飼料，勞役等狀況而互有歧異，然亦可依下表而見其大概。該表係就每頭每年體重一〇〇〇磅為標準之比較。(四)

表十八 每年每頭家畜可產糞尿量

家畜	畜糞尿全量	糞 (磅)	尿 (磅)	與全量之比	
				糞	尿
馬	一八、〇〇〇	一四、四〇〇	三、六〇〇	八〇	二〇
牛	二七、〇〇〇	一九、〇〇〇	八、〇〇〇	七〇	三〇
豬	三〇、五〇〇	一八、五〇〇	一二、〇〇〇	六〇	四〇

羊	一二、五〇〇	八、三〇〇	四、二〇〇	六七	三三
鷄	八、五〇〇	—	—	—	—

更就糞尿中所含之植物營養料言，得如下表示之數量（每年每一〇〇〇磅體重之家畜，P II Phosphorus, K II Potassium）

表十九 同體量之家畜糞尿所含要素量

家畜種類	畜氮 (N) (磅)	磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (磅)	加里 (K <sub>2</sub> O) (磅)
馬	七九	四三(一九P)	五八(四八K)
牛	七六	三八(一七P)	一九(一六K)
豬	一〇一	九二(六〇P)	七三(六一K)
羊	六二	五七(四二(一八五P))	三八(三二K)
鷄	八五	—	三(二七K)

第二節 各種家畜糞尿概述

(一) 牛之糞尿 牛之糞尿之成分互有異同，至其平均成分如下：

表二十 牛糞尿之組成

成	分	糞	尿
水	分	八〇〇—八五〇%	九二〇—九五〇%
有	機	一四·六	二·三
氮	素	〇·三〇—〇·四五	〇·六—一·二
磷	酸	〇·一五—〇·二五	痕跡
加	里	〇·〇五—〇·一五	一·三—一·四
灰	分	一·九〇—	三·一

由上表觀之，可知牛之糞尿水分極多，而尿中絕無磷酸，又牛糞之所以富於水分者，由於牛飲水之量，比之其他家畜多。徵之實驗，牛所飲之水，與所食飼料中乾物之比率，為四與一，若以根葉青草等為主食，搾乳或使役後，則飲水更多，此時水與乾物之比為六與一。牛糞富於水分，而咀嚼飼料又極丁寧，故其糞質頗緻密，而腐敗醱酵較難，其效能不免遲緩。欲補救此缺點，宜將新糞曝之日光，使其水分蒸散，然後碎為粉末，堆積之，注之以尿，又加以污水，使之醱酵，否則混以馬糞，助其腐敗亦可。如是則馬糞之效用亦以大著，蓋馬糞之醱酵熱失之過高，亞母尼亞最易消失，混以牛糞補救其缺點也。

充分腐熟之牛糞效果，與馬糞等無大異，其未腐熟者不及馬糞遠甚。然用之於氣候溫暖，土質輕鬆之地，亦能克奏效能。若施之濕地，則分解遲緩，收效甚難矣。

(二)馬之糞尿 糞尿之性狀與牛糞大異。堆積馬糞則易起醱酵作用，腐敗之際溫度頗高，故有熱性肥料之稱。其糞尿之平均成分如下：

表二十一 馬糞尿之組成

成		糞		尿	
成分	分	分	分	分	分
水	七六〇〇%	八七〇〇—九二〇〇%			
有機物	二一〇〇	六・九〇			
氮素	〇・四〇—〇・五五	一・三〇—一・五〇			
磷	〇・二〇—〇・三〇	〇・〇〇			
加里	〇・三五—〇・四五〇	一・二五—一・六〇			
灰	三一五	三一〇			

就本表觀之，馬糞較之牛糞富於有機物，氮素，及磷酸，可以知矣。馬糞易於醱酵，故為速效性。然其堆積中發熱過烈，亞母尼亞性氮素易致揮散，故非時加以水。調節其溫熱不可。馬糞之易於醱酵者，由於其水分少，含氮素有機物多，且其質粗大，為多孔性；而馬糞所以富於氮氣，有機物，而為多孔性者，其因馬之消化力弱，不如牛之消化力強，此所以多量之含氮氣，有機物，及纖維，脫消化之作用而排泄之於糞也。

馬糞用之溼潤或黏重地，肥效顯著，且能使土質膨軟，改良其理化學的性質。若施之土質輕鬆之地，則分解更



易，土地粗鬆之度益增，其結果必不良。要之，馬糞之性質與牛糞反對，能混合此兩者製成堆肥，則性質中庸，無論何地皆可施用之矣。

(三) 羊之糞尿 羊糞尿之性質頗類馬糞尿，腐敗易，肥效亦速，其平均成分如下：

表二十二 羊糞尿之組成

成	糞		尿	
	分	分	分	分
水	五七·〇〇—六三·〇〇%	八〇·〇〇—八五·〇〇%		
有機物	二四·〇〇—三七·〇〇	五·〇〇—〇·〇〇		
氮	〇·七〇—〇·八〇	一·三〇—一·四〇		
磷	〇·四五—〇·六〇	痕跡		
加里	〇·三〇—〇·六〇	二·一〇—二·三〇		
灰	三·〇〇—五·七〇	三·二〇—六·〇〇		

由上表觀之，羊糞比馬糞更富於有機物，氮素，及磷酸，家畜糞尿中最濃厚者也。且羊飲水少，故其水分亦不多，雖糞質緻密，無異牛糞，而醱酵迅速，酷類馬糞，亦有熱性肥料之稱。其管理法及施用法與馬糞同。

(四) 豬之糞尿 豬之糞尿平均成分如下：

表二十三 豬糞尿之組成

成	分	糞	分	尿
水	分	八〇・五〇%	九七・六〇%	
有	機	一五・〇〇	二・五〇	
氮	素	〇・五〇—〇・六〇	〇・三〇—〇・五〇	
磷	酸	〇・四五—〇・六〇	〇・〇七—〇・一五	
加	里	〇・三五—〇・五〇	〇・二〇—〇・七〇	
灰	分	二・一六	一・四四	

由上表觀之，豬之糞尿水分較牛之糞尿更多，氮素以及其他成分亦富，而其所以有時乏於肥料成分者，皆由於豬之飼料多為各種廢物，苟以豆腐粕，醬油粕，油粕，麥麩等給與之，則其糞尿當亦富於養分，故豬之糞尿，亦有不可一概而論者也。

比較各種家畜糞尿可得下列幾點：

- (1) 氮，以尿中較富，馬尿及羊尿尤然。以無水物言豬糞所含氮素略高。
- (2) 磷，大部分存在於固體部分，液體中幾無所有或極少量，豬尿為例外。
- (3) 鉀，大部分存於尿內，如以無水分之物質以資比較，由下表觀之愈為顯著。

表二十四 無水物糞尿內植物養分量

家	畜 排 泄 物		氮 (N) %	磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	加 里 (K <sub>2</sub> O)
	糞	尿			
馬	糞	尿	二·二〇	一·二〇(〇·五三P)	一·六〇(一·三三K)
	尿	糞	一三·五〇	—	一·二五〇(一·四〇K)
牛	尿	糞	二·六五	一·三五(〇·六〇P)	〇·六五(〇·五四K)
	尿	糞	一三·五〇	—	一·七〇〇(一·四〇K)
豬	尿	糞	二·七五	二·五〇(一·一〇P)	二·〇〇(一·六五K)
	尿	糞	一三·〇〇	四·〇〇(一·七五P)	一·五〇〇(一·二四五K)
羊	尿	糞	一·九〇	一·二五(〇·五五P)	一·一五(〇·九五K)
	尿	糞	九·〇〇	〇·〇五(〇·一五P)	一·四〇〇(一·六〇K)

(註) P = Phosphorus K = Potassium

### 第二節 家禽糞類

鳥類之輸尿管，開於腸之下部，故其糞實為糞尿之混合物。鳥類飲水少，常以蟲魚穀菜等為食物，故其排泄物乏於水分，富於氮素磷酸及加里，以視家畜之糞尿，其濃厚實遠過之。其所含氮素為尿酸鹽(Uric acid)此為鳥糞之特性，惟尿酸鹽不為土壤所吸收，施用其新鮮者，不惟無效，且有害，故宜使之腐熟，和之以水而後施用之。

馬糞中之尿酸鹽亦因腐敗作用變為亞母尼亞及碳酸亞母尼亞，惟其醱酵頗烈，成分損失甚易，且具惡臭，至

有害人畜衛生，而鳥糞堆積過多時爲尤然。故當其集積漸多時，宜使之乾燥，以便貯藏，或投之桶中，注以污水，或與廢肥共堆積之，使其發酵，以至腐熟。

家禽糞雖比家畜糞尿富於肥料成分，而因其種類不同，其量不能無差異，今示普通家禽糞之平均成分如下：

表二十五 家禽糞之組成

家	禽	水	分	有	機	物	氮	素	磷	酸	加	里
鷄		五〇.〇〇%		二五.五〇%		一.六三%		一.五四%				〇.八五%
鴨		五六.六〇		二六.二〇		一.〇〇		一.四〇				〇.六二
鵝		七七.一〇		二三.四〇		〇.五五		〇.五〇				〇.九五
鶇		五一.〇〇		三〇.八〇		一.七六		一.七八				一.〇〇

由是觀之，各種家禽糞之成分雖互相懸殊，而其富於有效性養分則莫不然。惟四者之中，富於肥料成分者鶇爲最，鷄次之。

#### 第四節 蠶糞

茲所謂蠶糞者，非指純粹蠶糞而言，即蠶兒所食餘之桑葉，蠶兒所脫之皮，及蠶棚上所有一切廢物，皆括於其中者也。蠶糞中之主要氮素成分爲尿酸鹽，與鳥糞同；桑葉富於磷酸加里，而含氮素尤多，故蠶糞含有三成分不鮮。

其含有成分因桑葉良否，及飼育法之優劣，不無差異，而新鮮蠶糞平均成分。

據陳方濟之報告，(三)其組成如下表：(風乾物%)

表二十六 蠶糞之組成

年 齡	成 分		灰	分 有	機 物	氮	氣 磷	酸 加	里 石	灰
	齡	齡								
第 一	齡	齡	一一·八八	八八·一二	三·五八	〇·五〇	〇·八四	〇·六七		
第 二	齡	齡	一一·一九	八八·八一	二·三二	〇·七〇	二·六五	三·一五		
第 三	齡	齡	一一·一〇	八八·九〇	三·二九	〇·六六	三·四〇	二·八六		
第 四	齡	齡	一三·三八	八六·六二	二·三二	〇·七五	三·一九	二·八一		
第 五	齡	齡	一四·八一	八五·一九	二·二二	〇·七二	二·四五	三·一〇		
熟 蠶 糞			二二·三六	七七·六四	一三·五五	八·三七	一〇·一五	一·一六		

由是觀之，各齡蠶糞所含肥料成分，比較的雖不能稱為豐富，然在第五齡後之最後排泄之糞所謂熟蠶糞者，含有一三·五%之氮氣，八%之磷酸，與一%之加里，則甚濃厚也。又各齡蠶糞所含成分中，氮氣最多，加里次之，磷酸最少，故蠶糞可稱為氮氣肥料。其腐敗醱酵之時，發熱頗劇。自尿酸鹽所生之碳酸亞母尼亞飛散亦速，故施用上之注意，當與家禽糞同。而欲集新鮮之蠶糞貯藏之非先曝之日光，使其水分發散而後貯之不可。

參考文獻

- 一 川瀨惣次郎著肥料學第三章至第五章
- 二 吉村清尙肥料學講義一一〇——一二〇頁劉友惠譯商務書館
- 三 陳方濟曹詒孫 蠶桑之肥料成分 中華農學會報第七十三期
- 四 Van Slyke, Fertilizers and Crops pp. 288-304 (1927)

### 第七章 廐肥 (Farm Manure of Farmyard Manure) (Fifteen)

廐肥乃家畜之糞尿，褥草 (Bedding or Litter) 食物殘屑等之混合物。按植物質及動物質中所含肥料成分皆直接或間接來自土壤，農家利用糞尿及草稈等而歸還土壤，為一最合理之辦法，不但可保其養分之含有量，及增加多量之有機質，而土壤且賴以改良。吾國農家自來以飼養家畜為副業，利用其排泄物以為肥料，與人糞尿同一重視。歐美亦隨畜產業之發達，而廐肥之利用大為進步，未見其因人造肥料之使用而忽視之也。西諺云：無家畜則無肥料，無肥料則無農業，其重視可以知矣。

施廐肥於土中，具有兩種作用，非他種肥料所能及，即（1）直接供給氮磷鉀三要素，（2）供給有機質間接改良土壤。混合之廐肥所含要素量有如下表：

表二十七 廐肥所含三要素量

	氮 (N)		磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		鉀 (K <sub>2</sub> O)	
	%	每千 斤	%	每千 斤	%	每千 斤
最高	0.8	八	0.4	四	0.8	八
最低	0.4	四	0.1	一	0.4	四

由此可見廢肥係一種容積大而成分低之肥料，然家畜尿中所含諸成分效力迅速，其固體部分如草稈等雖效力遲緩，施於田地可以繼續分解以供給植物之利用，假定十噸之廢肥所含之N，二分之一，磷酸六分之一，加里二分之一，為有效性 (Available)，其肥料價值 (Fertilizing value) 與三三三磅硝酸鈉，五二磅過磷酸石灰，及四一六磅開乃特 (Kainit) 相當，換言之，與八〇一磅之速效性的混合人造肥料相當。尚有一半殘餘之肥效留存土中，直至第二造作物尚可供給者未曾計及。(一)(七)

至於廢肥中多量之有機質加入土中，可以補充土中有機物之損失，保持土壤有良好之物理性，使有適當之通氣，排水，便於細菌之繁殖。土中礦物質養料之供給，亦可由廢肥間接作用而增加。例如廢肥與磷礦粉混合堆積，則可溶性磷大為增進，即其例也。鹼性土施以廢肥可增進作物抵抗鹼害之能力，此亦大可注意者也。

雖然廢肥中三要素頗不平均，富於氮而缺少磷酸，水分多，組成極不一致，其中肥料成分又極易損失，故吾人對於廢肥之施用，管理，貯藏等不能不加以注意。

### 第一節 廢肥之組成 (Composition of Farm Manure)

廢肥之組成極不一致，依下列事件而定：

(a) 糞尿之來源及其多寡 廢肥之主成分如係由牛糞堆積而成者，其中三要素之含量自然與大部係



由豬糞者不同。(參看前章)

(b) 褥草之種類及其用量 使用褥草之目的，通常為保持家畜之健康，增加肥料之成分。凡價值低廉，而富於吸收水分之藁稈，落葉，泥炭，乾土等皆可利用。各種物質所含三要素，有機質，吸收力各有不同，其使用量之多寡，直接影響廢肥之組成。褥草愈多容積愈大，三要素之百分率亦愈低。

表二十八 各種褥草對於水分及亞母尼亞之吸收力比較

物質名	稱	每百磅二十四小時間吸收水量	每百磅所吸之亞母尼亞量
小麥	稈	二二〇(磅)	〇·一七(磅)
燕麥	稈	二八五	未試
豌豆	稈	二八〇	未試
未經分解之櫟樹葉		一六〇	未試
泥炭		六〇〇	一·一〇
鋸木屑		四三五	〇·〇五
乾燥有機土		五〇	〇·六六
砂土		二五	未試

(c) 固體與液體部之多寡 排泄物中所含之肥料三要素存在尿中者氮約五〇%，鉀六〇%，故液體部分較固體部分富於養分量；如缺少吸收物質以保存此部分，則廢肥中可溶性之氮與鉀必低。

(d) 家畜之年齡消化飼料等之影響 家畜糞尿所含三要素及水分各有多寡，不但其種類可以影響廢肥之組成，即老幼亦大有關係，即幼者所食之養料多為筋肉骨骼之發育，較之老者其糞尿中所含養分常低。食物之易於消化部分，因新陳代謝之關係，多入於尿，難於消化部分存留糞中，故飼料之愈易消化者，尿內所含之養分愈富，肥料價值愈大。概言之，飼料之富於氮素者，愈易消化，尿中所存之氮磷二元素亦愈富云。

(e) 管理之如何 畜舍或堆積廢肥之場所，其地面必須以三合土作成，如地面易於滲漏，或堆積於田野間，且無適當之遮蔽以阻風雨日光，廢肥中大部之肥料成分均被損失。廢肥堆積中所起之損失，雖因堆積法及管理法之如何，而多寡不同，四個月後通常必失去二五—三五%，實際上無少過二〇%，有時且達五〇%之多者，其影響於廢肥之組成為何耶？廢肥中所含三要素量，據英國路典斯得 (Rothamsted) 農事試驗場之估計該處所用之廢肥每二千磅中約含氮一二·七五磅，磷 (Phosphorus) 二·一九磅，鉀 (Potassium) 一二·四四磅。又美國盤色凡里亞 (Pensylvania) 農事試驗場所用之廢肥每二千磅中含有氮九·八磅，磷二·八二磅，鉀七·一四磅云。此兩處對於廢肥施用上皆有數十年之記載，頗有足資參考者。然就一般言之，混合之廢肥 (Mixed farm manure) 每噸 (二〇〇〇磅) 中平均含有氮一〇磅，磷二磅，鉀八磅為普通。此中氮之一半，磷六分之一，鉀二分之一，為速效性 (Readily available) 即其肥效約與 6-1-6 相當，其另一部多存在固體部分，效力較緩，約與 2-8-2 混合肥料相當云。(P)

廢肥之組成既隨飼料，褥草，消化，及家畜之種類不同而異，約略計之，牛、馬飼料中乾物質 (Dry matter) 排出

於糞水者約五〇%。褥草約占廢肥中乾物質二五%，而糞尿平均含有水分七五%，換言之，即家畜消耗一〇〇磅之食物，其糞尿中有五〇磅之乾物質係由食物而來，二五磅有機質係由褥草而來，再加二二五（七五%）之水分得三〇〇磅之新鮮廢肥。故計算廢肥之產量，以三乘食物之消費量即得，蓋廢肥之產量相當於食物三倍也。（八）

### 第二節 堆積中之變化 (Changes on Fermentation Process)

家畜之糞尿與褥草 (Bedding) 多集於舍內時，則有害及家畜之衛生，故不得不運出舍外，新鮮廢肥固可以改良重黏土 (Heavy clay soils) 或為寒冷地溫牀之釀熟物，然其用究竟不多，普通土不惟直接施用不宜，即有廢肥亦不能隨時運送田間，此一般農家之所以不能不於一定時間，選地堆積廢肥，待其腐熟然後施之作物也。此種堆積貯藏之廢肥，亦有稱為堆肥者，然非吾人通稱之堆肥也。（見本章末節）

堆積管理之如何，而肥料成分之損失量大有不同，故管理法最有注意之必要焉。欲注意乎此，當先研究堆積中所起之現象，通常廢肥堆積貯藏時，有種種細菌繁殖於其中，因之廢肥發酵而腐熟。

(1) 尿素之分解 尿中存有之氮素化合物，主要素為尿素，因加水分解 (Hydrolysis) 變為碳酸氫，更解離而為碳酸氣 (CO<sub>2</sub>) 與亞母尼亞甚為容易，故易揮散。



(2) 蛋白質之分解 糞中所存之不溶性氮素化合物，多為蛋白質之類，因細菌之作用而腐敗分解，一方面變成溶解性之百補通(Peptone) 此百補通更分解而解生醯胺(Amido) 化合物，Amido 化合物又分解而為脂肪酸與亞母尼亞。所謂 Amido 化合物者如 'Leucin, Tyrosin, Glycocoll' 等是也。Tyrosin  $C_9H_{11}O_2N$  在空氣不十分充足時，分解為 Indole  $C_8H_7N$  臭氣，炭酸氣，氫氣等。若空氣供給良好，則不生 Indole 而生亞母尼亞(Ammonia) 炭酸氣水等。蛋白質於特別狀態時，受細菌之作用有生成硫化氫者。

(3) 炭水化物之分解 排泄物之固體部分多為不消化之糖類，澱粉，纖維質等，此等炭水化物受細菌作用分解生醋酸，酪酸，乳酸，炭酸氣及水等。脂肪酸及其鹽類因多數細菌作用，先稍變為簡單有機酸，最後分解為炭酸氣及水等，有時且生成氫氣。

(4) 硝化作用(Nitrification) 亞母尼亞經細菌作用變為硝酸鹽類稱為硝化作用。硝酸鹽類僅於有空氣流通之處生成，在濕潤而緊壓之糞堆中，除表面外，幾無硝酸鹽類之生成。糞堆外層已生成之硝酸鹽類因雨水之滲漏，可以滲入內部，該處濕潤而缺少空氣，硝酸鹽類可變為游離態氮(Free Nitrogen) 而損失，或經細菌之利用而變為不溶性之細胞組織。廐肥普通均不含有若干之硝酸鹽類，除非經過長時間或特別情形之下，始具多量之硝酸鹽類。其生成多在廐肥施用於土壤之後云。

廐肥經相當腐熟後，其容積大為縮小，其作用多由於糞堆中嫌氣性細菌(Anaerobic Bacteria) 之力，使有機質變為柔軟而色黑之物，其原有物質之形狀，遲早不能辨別清楚。此種狀態之廐肥稱為已經腐熟(Rotted) 或

醱酵 (Fermented) 之廢肥。大約計之，新鮮廢肥中之乾物質 (Dry Matter) 於此留存者不過四分之三或一半，依各種情形而不一。磷酸化合物變為較易溶解之狀態。鉀之存在於尿中者變為鹼性之碳酸鉀，有中和因腐敗有機物而生成各酸類之效。固體部分所含之不溶性鉀質化合物，均因腐敗作用而變為更有效之狀態。

關於廢肥醱酵作用之細菌種類頗多，然大別為二類，曰好氣菌 (Aerobic Bacteria) 曰嫌氣菌 (Anaerobic Bacteria)。前者生育上必要氧氣，故空氣流通良好，或氧氣供給十分，溫度三十至五十度時盛為繁殖。因此類細菌而分解有機物常發生水，碳酸氣，亞母尼亞等，無發生惡臭之事。嫌氣菌則反是，生育上不必要空氣之存在，可由氧化物而取得氧氣之供給。其作用亦比前者緩慢，發熱少，溫度 20—30 度時為最適，此種細菌有生成不氧化化合物之傾向。此化合物往往有非常複雜者，其發惡臭者亦不少，此時所發生之氣體，主要為沼氣，氫氣，硫化氫等，而發惡臭之化合物乃胺類 (Amine) 揮發性酸類，酪酸 (Caproic Acid  $C_6H_{12}O_2$ ，Meroopian  $C_8H_{16}SH$  等是也。

以上兩種細菌之繁殖於廢肥中時，好氣菌主在外部，嫌氣菌在內部。故堆積粗鬆而空氣流通者，多好氣菌繁殖，以逞其作用，溫度升騰自三十至五十度，有時達六十度以上，馬羊及鳥糞發熱時更高，有騰至七十或八十度者。因之堆積中之含氮有機質分解，而變為亞母尼亞，常繼續不止，更氧化而為亞硝酸以至於硝酸鹽類之生成。又含氮有機物 (Nitrogenous Organic Matter) 亦分解而為碳酸氣等。故當好氣菌之醱酵作用，不獨氮素成分之損失，而有有機物之消耗亦不少，至於嫌氣菌之醱酵，則變化比較和緩，堆內之溫度在 25—30 度之間。含氮有機物形態雖因之稍變簡單，然變至亞母尼亞，碳酸氣，及水等者甚少，氮之損失不多，可得而言也。由此觀之，堆積廢肥時須

常內外翻換，或注廢肥漏液於堆上，或以污水注之，勿使溫度過高，并宜適當鎮壓，勿使好氣菌獨跋扈於其間，是為最重要之事。

上述廢肥堆積中化學之變化極其複雜，約而言之不過數條。

(1) 有機物之一部分變為碳酸氣，沼氣，氫氣，亞母尼亞，游離態氮氣等揮發性物質，約失去二五%之乾物質，有時甚至達五〇%者。

(2) 有機物之一部分分解而生成不揮發性腐植質。

(3) 有機物分解所生之炭酸，腐植酸等，作用於無機物令其稍變為可溶性。

堆積廢肥當空氣流通，溫度及水分適度，而醱酵腐敗適宜時，二三個月有機物如漸次分解減少容積，而為濃厚富於可溶性養分之肥料。今將新鮮廢肥與腐熟廢之肥料成分比較列表如次(%)：

	乾		灰	分	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>		
	物	氣									
新	鮮	廢	肥	二五·〇	〇·三九	三·八一	〇·一八	〇·四九	〇·四九	〇·三〇	〇·一〇
腐	熟	廢	肥	二五·〇	〇·四九	四·七八	〇·二三	〇·五六	〇·五六	〇·二三	〇·二三

由此觀之，則廢肥之適當腐熟者，增加肥料已不少矣。

### 第三節 肥料成分之損失 (Sources of the Loss in Plant-food Constituents)

家畜糞尿由排泄，經過堆積期間，以至施於田地，其中成分之損失，依管理如何，而大有關係，茲就（1）畜舍內尿液之流失，（2）隨雨水滲漏而流失，（3）堆積醱酵之損失，三點言之：

（1）尿液之流失 據前節所言，家畜糞尿中平均氮素之一半，鉀質之四分三，存在於液體部分，如液體部分未注意保存，或完全流失。例如畜舍之地下無三合土地面，任其滲漏，或無相等物質以為緩釋及吸收尿液，則肥料成分之損失甚大，且皆屬於最有效（Readily available）之部分，一般農民多不經意而受此損失。

（2）因滲漏而流失 據多數學者之試驗成績，家畜糞尿中之肥料分不但氮素容易損失，即磷鉀二素亦所不免。一般農民日常由畜舍清除糞尿及褥草等，即任意堆置鄰近地上，經過數月之風吹雨淋，日光直射，而無遮蔽，其結果大部分最可貴之肥料成分已經損失，所餘之殘餘物，較之適當堆積管理之廢肥，其效力遙遜。如在雨量多之地方，經兩個月之日晒雨淋，肥料成分之一半，或一半以上，可以損失，不僅液體部分如是，即固體部分之有機質，氮，磷，鉀等，亦損失一半或一半以上。

（3）堆積醱酵之損失 氮素化合物因醱酵作用所生之亞母尼亞，其接近於糞堆之表面者，得與空氣接觸，因硝化作用而生硝酸鹽類，尤以溫度高時為然，亞母尼亞易由空中飛散，硝酸鹽之一部分或亞母尼亞因雨水浸透入於糞堆中心，或在不通氣而水分多，溫度低之處，則常有還元而變為游離態氮（free nitrogen）者。此游離態氮氣之發生，廢肥混有雜草禾稈愈多者愈旺盛，老廢肥中還元作用不著，蓋硝酸還元細菌所需之良好養料五炭糖（Pentosan）缺乏也。

廐肥堆積中除氮易於損失外，磷鉀二要素比較甚少，除非保存管理太不注意。廐肥堆積中最堪注意者為游離氮氣之飛散，欲防止之則應就下列諸點處置之：

(a) 堆積宜緊不宜鬆，以減少空氣流通。

(b) 勿使過於乾燥，宜加水以防溫度增高。

(c) 增加相當物質，以減其揮發或流失。

馬與羊之糞含水量極少，故空氣易侵入，發酵分解速，生熱甚高，有時達攝氏六五度者，故有熱性糞之稱。反之豬牛糞水多而緻密，阻止空氣之通路，故發酵緩效力遲，有冷性糞之稱，大凡廐肥堆積中發熱愈高損失之機會愈大。S. J. S. 氏曾就粗堆積與密堆積之發熱高低及養分損失關係而研究之，得有下列之成績：

表二十九 堆積鬆緊廐肥成分與溫度之關係

日	期	不堆積者	粗堆積者	密堆積者
二月	二日	四·六度	四五·〇	七·〇
	九日	一五·〇	六〇·〇	四·〇
	十六日	五·〇	五七·〇	三·〇
	二十三日	一·〇	四四·〇	八·〇
三月	二日	二·〇	四一·〇	一一·〇
	十六日	二·〇	二九·〇	一一·〇



四月	三十日	九.0	二九.0	一九.0
六日	五日	五.0	二五.0	一八.0
十三日	六.0	六.0	二六.0	二一.0
二十日	一五.0	二五.0	二五.0	二〇.0
二十七日	一四.0	二五.0	一九.0	一八.0
有機質損失	.....	五三%		二八%
氮氣損失	.....	三四%		一五%

由是觀之，廢肥中氮素及有機質之損失不少。不獨氮氣與有機質，風飄雨淋之中，磷鉀等礦質肥料成分亦不免溶解以去，則所存之養分半消失之矣。據 *Osborne* 氏就牛糞與馬糞之混合物而加研究，經六個月以至一年，遮蓋與不遮蓋者，其成分之差異如次：

表三十 廢肥成分與遮被之關係

肥料成分	六個月後之損失		一年以後之損失	
	遮被	不遮被	遮被	不遮被
有機質	五八%	六五%	六〇%	六九%
亞母尼亞 (NH <sub>3</sub> )	一九	三〇	二三	四〇
磷酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	〇	一二	四	一六
加里 (K <sub>2</sub> O)	三	二九	三	三六

如以飼料中所含有之三要素量各作為一〇〇%，減去因滲漏、發酵，及因消化機能而損失者，其殘餘能施諸土壤為植物利用者，平均不過有機質（乾物質）約二五%，亞母尼亞三〇%，磷酸五〇%，加里三〇%而已。（五）故飼養家畜專靠糞尿肥田，自求自給，以保持土壤之肥沃及出產力者，甚難如願以償，欲達上列目的，非酌用人造肥料以補助其不足不可。

#### 第四節 厩肥之堆積管理法 (Care and Storing of Manure)

##### (一) 舍內堆積法 (Storing under the roof)

貯藏厩肥目的有三：借發酵作用以變其所含氮氣為可利用態一也，利用發酵作用時所生產之炭酸氣，及其他酸類，變磷鉀及其他無機物為可溶性二也，因發酵作用以謀腐植質之生成三也。雖然貯藏所之設備，堆積中之管理，苟有不當，而肥料成分之損失亦不能達此目的，或有不能完滿達到者，故貯藏所之設備，與一切處理方法，最要注意之必要焉。

厩肥堆積中，其損失之多，已如前述，（第三節）我國南部溫暖多雨，如為舍外堆積，而無相當掩蓋設備，則風吹雨打，日曝雨浸之結果，其肥料成分之損失當大於前之試驗，不難想像而知。因此之故，厩肥堆積場之完全設備，決不可少。然又不可徒事華美，只求適當勿損農家經濟可耳。

厩肥堆積場之設備，第一要作業便利，第二要不使厩肥直接受風雨之飄淋，日光之直射，人畜無障礙，與厩舍

相接近，便於搬入運出之陰冷高燥地，其方向務避西南，而取北或東北，其前面有枝葉繁茂之樹木，能避日光者，更見良好，否則亦可植樹避夏日陽光也。但在十分寒冷之地，亦可多少斟酌為之。

堆積之廣狹，因家畜之種類，頭數等而有不同，大概言之，牛一頭，每日產新鮮厩肥四十公斤，馬二十八公斤，羊

二·四公斤，豬七公斤，牛一頭三個月所產

之厩肥而欲堆積高一·二公尺時，則須有

四平方公尺之地面，馬則用牛之四分之三

(即占地面三平方公尺)豬又為馬之四分

一，但有牛三頭之農家，堆積厩肥用前之三

倍，尚不足，非用六倍不可，以堆肥之翻換，及

其他種作業上尚須地面故也。

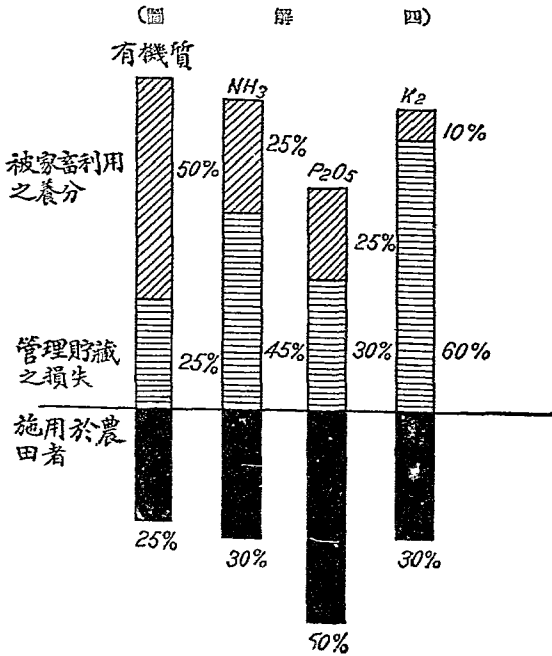
堆房之形狀有正方形長方形之別，為

作業便利計，長方形最佳。堆房之地面為斜

面形，向中央設每三公尺一寸之傾斜度，中

央及四周均設有小溝，厩肥之漏液，則由此

小溝以導入厩內或厩內之漏汁坑中。隨其



必要時，有再以此漏液注加堆上者。若堆之堆積地面不惟傾斜而平坦時，堆積之下層，因漏液停滯，常過於濕潤，醱酵遲緩，其上層則易乾燥，而分解迅速，卒至起上下兩層分解腐熟不同之弊。堆房之底部，須以強黏土，三和土，洋灰土，或煉瓦，敷石等箝固，勿使漏液滲透洩失。漏液坑亦須以三和土，洋灰等箝塗，或埋設木桶。通常設於門口之內或外，以蓋覆之。堆房之壁，高約七八尺，須厚塗以泥或全用土壁，上蓋以藁草類，務使緊閉，門口須寬四五尺，務以堅硬材料建造，勿使車馬往來，有所損傷。屋壁之自下至上，高約五尺之內，須以不透液物質塗之，自此以上，可設玻璃窗，以通光線，勿使室內太黑暗，此其堆積厩肥房舍建築之大異也。

厩肥之運入堆舍內，行堆積時，其下面須先敷以粗硬物，以謀排出水液之便利。其次堆積厩肥中之粗大者於其上，以便水分易浸竄，上部則積堆其餘物可也。否則堆積中之燥溼中不均，腐熟度自有異同。堆積時屋內二面或三面令與壁密接，直堆上去，不與面壁接施之面，亦必直立，漸堆漸踏，勿使各部緊鬆稀密不均，令起同等分解作用。堆之高一·二乃至一·五公尺，（五尺內外）過高則不惟處理不便，并難望各層均等分解，過低則需地積大不經濟，且分解遲緩，此積堆方法之大略也。

堆積後則漸次腐敗，但欲上下內外一樣腐熟，且欲迅速醱酵者，則不可不時翻換，或行灌注液水之法，否則堆內醱酵過度。若過於乾燥，則醱酵停止，且堆之上層，及堆之外表殆無變化，而終使腐熟度不一。翻換之時期，大約在積堆後個半月，醱酵熱十分增高之時行第一回，爾後每隔三四週間翻一次。其翻換之法，先以釘鉞側起，將堆肥拔出外部者，換積於內，內部者堆於外，內外翻換後，如法踏壓之可也。灌水不單行於翻換之時，即平常認定其有過

於乾燥之時，亦隨時可行之。所用者漏液汁水等皆可，此又堆積中管理之大略也。

堆積日數，以組成厩肥之排泄物及褥草而定；易腐熟分解者一二個月，遲有至數月之久者，殊不一定。欲預定施用日期，而欲其速者，則多堆馬羊厩肥，以速其分解，秋冬所堆積者，恰適翌春之用；初夏之堆積可用之秋耕，隨其必要分量及時期而預堆積之可也。至於隨時堆積臨機施用，亦未始不可能焉。

### (一) 舍外堆積法 (Storing outside of doors)

無堆房之設備，而欲得良好之厩肥者，須先擇高燥便利之場所，堅固其地面。堆積厩肥，約五六寸厚時，撒布細土或泥炭粉一層，其上又堆積厩肥，如是厩肥與細土或泥炭粉交互堆積。以至五六尺高而止，是為舍外堆積法。

堆之形狀以上狹下寬為宜，乃因縮小風雨日光所為害之面積而設者；因此之故有先端尖之圓柱形，有圓錐形，又有三角形。堆達定高之後，撒以二三寸厚之細土，而以稻草麥稈或其他覆被物作屋形以掩覆之。

舍外堆積而混以細土或泥炭粉，防止肥料成分之損失最為有效。據試驗成績，不挾土壤者損失氮氣三〇至三二%，挾土壤者僅一六・九四%云。

舍外堆積之厩肥，普通不行翻換，節省勞力經費，於經濟上頗相適。且行此法而注意其時間與方法甚周到者，肥效不讓舍內厩肥。惟腐熟需時間長，不能供急用，是其缺點耳。用吸收劑，多使厩肥容積增大，不便運搬，亦一不利之點，能於田土近旁堆積，則斯法最適。

### (二) 深廐法 (Storing in the stall or Deep stall method)

深廢法者不運搬廢肥於畜舍外，即在廢內調製之方法也。行此法之廢舍，與普通者不同，地面甚低下，而以三和土、洋灰土、瀝青敷石等，堅固築成者。且稍向後斜，而後方之低部，設有漏液留出溝，與壁外埋裝之漏液桶（或坑）相連結，於如此設備之舍內，飼養家畜，其糞尿與褥草，則任其重積，俟腐熟後始運出施用。詳言之：即每日投糞釋柴草於廢內，任其自由食之，則殘留者任其作寢褥之用，或投飼料於秫槽，別投褥草於舍內，任其食而且踏；如是經日累月，則糞尿與褥草混合，自然成爲腐肥，借家畜之力以鎮壓之，其發酵作用起於其內部，腐熟分解，而爲良好待用之廢肥也。但投入廢舍內之褥草，飼料，均須細剉者，則不獨增加吸收尿力，且易與糞尿混合腐熟，而處理上亦甚便焉。

深廢法貯藏之廢肥中，含氮氣磷酸鉀三種分量均比其他貯藏法之堆肥多，觀 Marcher 氏在 Lanchester 農事試驗場成績可知矣，此係於百三十六日間用同樣飼料，同樣褥草，分兩廢飼養，同種類同體重之家畜者，除堆積法不同之外，廢舍之他種狀態皆同樣，其結果如下表（公斤）。

表三十一 廢肥堆積管理法與成分比較

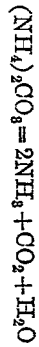
肥料種類	所得肥料量 (公斤)	有蓋堆場肥料	無蓋堆場肥料
乾物質量 (公斤)	一四六八八	一四五一五	一一六〇〇
乾物質量 %	二八	三〇	三二

加	機	全		
		氮	氮	全
里	酸	損	現	應
		失	得	得
里	酸	量(公斤)	量(公斤)	量(公斤)
0.82	0.41	61.70	349.90	409.20
0.89	0.46	72.40	217.80	290.30
0.68	0.39	74.92	217.08	291.10
				0.78
				0.60
				0.55

上列成績足見深廢法氮氣之含量及損失量均較少，蓋行深廢法而長久堆積於舍內之廢肥，不接觸日光風雨，又被家畜鎮壓，使空氣透通不甚自由，故醱酵作用起之甚緩慢，因之肥料成分之損失亦少。隨其便宜時期而直接運施於田圃，節勞省費，其利益甚多。但糞尿污水及家畜身體，均有害家畜之衛生，故宜多用褥草，宜流通空氣，且時時令家畜行舍外運動。要之行此法者有節省費減少損失之利，亦有有害家畜健康，及積蓄廢肥上下層腐敗分解不同之弊。其欲一樣腐熟時，亦有搬出舍外再製者。

第五節 減少廢肥中肥料成分之損失 (Regulating the Loss of Plant-food in Farm Manure)

完全防止廢肥中肥料成分之損失，實際上有可能，然能用適當之吸收劑，(如泥炭，乾土之類)以減少尿液之損失外，其最宜注意者當為氮氣化合物。按醱酵時所起之氮氣損失，以揮散性亞母尼亞及生成游離氮為主，廢肥中碳酸銻之揮發乃解離而成生亞母尼亞，碳酸氣及水等，有如下式：



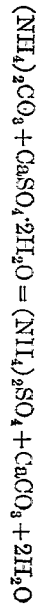
據解離之定律，亞母尼亞與炭酸氣因風除去愈多且速，而炭酸亞母尼亞之解離亦愈迅速進行，故欲保存此損失氮氣，惟有將堆積廢肥適當緊壓，以防空氣流通，且當保以適宜濕氣，Seimelgewird氏曰堆積新鮮廢肥，而先敷腐熟廢肥一層，於其下面者，可因腐熟廢肥發散之亞母尼亞而減少新鮮廢肥中之亞母尼亞揮散，又有為固定氮氣而自化學上想出種種物質，撒布於廢肥之上者。

(一) 過磷酸石灰 過磷酸石灰中除磷酸一石灰外，尚含有多量硫酸石灰，少量游離硫酸，及游離磷酸，呈酸性反應，故混此物於廢肥中，可固定廢精，且補廢肥中磷酸之不足，但加用此物，須於堆積之前。其分量廢肥千分過磷酸石灰三乃至六分。據之研究，每日以次之分量，撒布廢舍，其保存氮氣之效能甚大。

每	每	每	每	每	每
牛	豬	馬	羊	頭	頭
一	一	一	一	頭	頭
過	同	同	同	磷	同
酸				石	
石				灰	
灰					
五〇〇(公分)	一〇〇	二五〇	五〇〇		

(二) 含磷石膏 含磷石膏者，製造過磷酸石灰時器底中所洗澱之石膏也。其中含有六乃至八%可溶性磷，及十%石膏，其固定亞母尼亞能力，雖遠遜於過磷酸石灰，然混用於廢肥，而保存氮氣之效能亦非小，其用量每新鮮廢肥百分用一分或二分可也。





以上所述，過磷酸石灰及含磷石膏中之硫酸石灰，固有防止揮發亞母尼亞之效，然有因嫌氣菌還元，而為硫化石灰之缺點。蓋因硫化石灰與酸接觸時，生為害物之硫化氫氣故也。

(三) 硫酸鉀 硫酸鉀及其他鉀質鹽類 (Potash salts) 亦有變揮發性亞母尼亞為不揮發性之功能，然起有害發酵作用，故一般用此者較少。

(四) 土壤類及泥炭粉 土壤及泥炭粉均有吸收肥料之力，而泥炭粉之吸肥力尤富。土壤富於有機物者（如壤土、凝灰土及泥土等）亦然。據 *Lanchester* 農事試驗場試驗之結果，其貯藏廐肥而未用土壤與泥炭粉者，氮氣損失量二二%。用有三〇・〇%土壤添加物者，損失僅九・九%。用二%乾燥泥炭粉者，其氮氣損失減少至六・一%。又觀次之馬鈴薯栽培試驗成績，亦可明瞭其效用。

	一公頃地之收穫
無添加物之廐肥四萬公斤	二二二九〇公斤
添加三〇%土壤之廐肥四萬公斤	二五七〇〇
添加三〇%土壤及二〇%泥炭粉之廐肥四萬公斤	二七五〇〇
添加一五%硫酸之廐肥四萬公斤	二八一二〇

土壤類之添加，最有獎勵之必要，此物不特吸收亞母尼亞之力大，而又有因自己重量，以抑壓廐肥，不令空氣

透通之效。

以上所舉之各種物質外，石膏、硫酸鐵、硫酸及其他酸性鹽等，在歐洲亦利用之。或因費用過鉅反不若以添加物之費，購純粹硝石。或因少施無效，多施又有妨礙。其最經濟而最便利者，惟土壤與泥炭而已。

廢肥漏液之處理

自畜舍漏出之暗色液汁，英語所謂 (Dapple water) 是也。其成分固因家畜種類，及其他種種情形而異，然其平均大概如下：

氮 (NH <sub>3</sub> )	態	氮	〇·五六三%	磷	酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	〇·〇二三%
有機	態	氮	〇·〇四六%	加	里 (K <sub>2</sub> O)	〇·一二七%

要之廢肥漏液主為家畜尿所成，因其內中繁殖之微生物作用，尿中之尿素已變為碳酸銨，且帶鹽基性，故糞及褥草之組成分，已亦溶有幾分於其中，頗富於肥料成分，且其效甚速也。

近來歐洲方面之貯藏廢肥尿與糞及褥草，多分別為之，Coppie 氏所最初提議者也。因尿與糞及褥草腐熟程度大有不同，尿分解速，而糞與褥草分解遲。混而堆之，其氮氣損失之機會多也。何以言之，褥草之成分為細菌活動上所不可缺之物，漏液或肥水中之氮氣化合物，一與此種褥草未分解之部分相接觸，細菌即從而分解之，使氮解脫故也。故廢舍中所集之漏液，不必再注之堆積廢肥之上，宜分別腐熟。而自堆中出之漏液，亦無再注入堆上之必要，堆積肥料之灌水，專用泔水及其他污水可耳。此經分別貯藏腐熟法，於氮氣經濟上甚有利益云。但行此時，

須設兩漏液坑，一裝自畜舍出之漏液，一盛自堆積場出之肥水也。其坑之設備，須不滲汁液者自不俟言。

堆積管理法摘要

廢肥之堆積方法已如前述，茲擇記其堆積上當注意之點於次：

- (1) 堆積場須擇與廢舍相接近之北面陰所。
- (2) 堆房之大小隨家畜之種類及牛數而異，牛馬一頭之廢肥大約三十平方尺或此之二倍。
- (3) 舍外堆積須設相當遮蓬以避日光風雨，如不能遮蓬者，亦相累二三寸厚之細土。
- (4) 堆積場之地面，須以不透性物質，因之以防尿液之滲透，且其地面須稍傾斜，其最低部，設適宜深之小溝以導漏液於肥液坑。
- (5) 廢肥堆積之厚薄，固因廢肥之種類，處理法，氣候寒暖等而有不同，通例四尺至五尺高，十分緊壓之可也。失之高者發熱過度，失之低者醱酵又過遲緩。
- (6) 堆積廢肥須常保以適宜水分，不可使之乾燥。否則好氣細菌一時繁殖大盛，醱酵作用起之過急，熱度驟昇，不獨氮氣分因之飛散損失，而多量有機物因之焦燒為灰燼，故時時須以肥水或污水等灌之堆上也。特於馬糞羊糞等易醱酵熱之廢肥尤當灌水焉。
- (7) 堆積廢肥須常行翻換，與以適當濕氣而踏壓之，令其內外各部一樣腐熟。
- (8) 翻換時須避新鮮廢肥之混入，因新鮮厩肥中之褥草，含有硝酸還元菌養料之五炭糖物 (Pentosan)，

助硝酸還元菌之繁殖使硝酸還元作用盛行故也。

(9) 使新廢肥中之蕈釋類中之 *Purosean* 速行分解於堆積時，加用石灰或草木灰即可，但因此等物質同時又有揮散亞母尼亞之虞，不可不注意。

(10) 爲防亞母尼亞態氮氣之揮發，當加用少許過磷石灰，石膏鉀鹽，硫酸鉀，硫酸鹽，細土，泥炭粉等於堆中。要之廢肥堆積中之最當注意者，勿使空氣流通自由，須使溫溼適度也。

堆積廢肥之管理得法，腐熟均一，而有適度濕氣，內外呈同樣之暗褐色，有一種臭氣，手磨之則質脆而易粉碎，握之則如海綿狀收縮，放之仍還原狀，採其一定量而注之水，勿出黑褐色之液汁。若以點數評之，則堆舍之良好者二十點，管理適當者三十點，品質良好者三十點，製造額多者二十點。

#### 第六節 廢肥之功用 (The Value of Ferra Manure)

廢肥雖含三要素量少，而三種皆有，無論何種作物皆相適，但三種之中，磷酸較少，施用時須以磷肥補之。其堆積中加用過磷酸石灰等，則無用補充。除三要素外，其他植物養分亦均含有之，雖奏效遲緩而持久，故作基肥使用極其良好。又廢肥中含有機物多，能增加土中之腐植質，因之間接改良土壤之物理性質亦大有效。但廢肥之新鮮者與腐熟者效力各有不同，試分別言之：

##### (甲) 新鮮廢肥

(1) 使土壤乾燥 廐肥於有機物，施之重黏土，則因其分解而來之碳酸氣及其他氣體，能鬆軟土壤，新鮮之廐肥其功能尤顯著。惟施之過多，尤其是在輕鬆之土壤，溫度高而乾燥時，其巨量之褥草常不能腐敗，使土壤過於開展，遭水分之揮發，使土壤不宜作物之生長。反之如土中有多量水分，犁入之新鮮廐肥，得相當之空氣與溫度，亦可迅速分解，因尿素發酵生熱，有減土中水分保持之力及燒死作物之虞。

(2) 單獨施用宜審慎 新鮮廐肥單獨施用多量時，有促進植物枝葉繁茂，生長迅速之效，故於蔬菜作物欲其莖葉迅速成者，以施新鮮廐肥為有利，惟土壤溶液中一時含有多量之尿素或碳酸銨時，對於幼根為有害，又因亞母尼亞之燻騰，常足危害嫩葉云。

(3) 效力長久 新鮮廐肥中包含速效與遲效之部分，其速效性之部分被植物利用之後，其遲效者得漸次分解，繼續供給植物之需求，不僅限於一季，即數季繼續之作物，亦能得相當養料之供給，與人造肥料僅限於一時者判若兩途，然多量施用新鮮廐肥，尤其是在黏土，此速效性之尿素態氮氣，使禾穀類作物一時生長過於繁茂，或開花期晚，或穀實少而莖稈多，吾人所不希望者。此外未腐熟之廐肥，往往含雜草之種子或病菌之存在，亦其不利之點也。

#### (乙) 腐熟廐肥

(1) 效力平均 在新鮮之廐肥氮氣成分為速效性，而磷酸及加里則遠遜，至於腐熟者，則氮氣磷鉀三者之效力約略相等，不致使植物有枝葉徒長之弊。

(2) 保持水分 輕鬆之砂土施以多量之腐熟廐肥亦無妨礙，且使土粒團結，以增土壤之含水量，改良其物理性質，無發生高熱以減少土中水分及燒死作物之弊。

落山士得農事試驗場曾設小麥圃及大麥圃，施用廐肥以定量其土壤中之含水量，據其成績，廐肥施用區之表土富於水分，平均三·五%，恰與一英畝地含三十噸之水量相當。今表示其細微土中之水量於次：

表三十二 廐肥對於土壤有增加水分力之證明

	小 麥		大 麥	
	無 肥 地	廐 肥 地	無 肥 地	廐 肥 地
上層(九英寸以上之表土)	一六·〇%	一九·三%	一七·〇%	二〇·七%
中層(九至一八英寸)	一九·八	一七·〇	二二·五	一七·七
下層(一八至二七英寸)	二二·三	一八·四	二二·一	一八·三

由此成績觀之，則施廐肥之圃地，比之無肥料地，表土含水量多，底土少，因之可知廐肥有保蓄雨水之效也。旱魃時，施用廐肥能維持作物之成長，而增多收穫亦可由此得知，該試驗場又於旱魃時用廐肥以栽培小麥，而知其對於小麥收量上有何種影響者，但廐肥之用量，一英畝一四噸，完全人造肥料所施用之三要素量亦同，其結果如次表：(一英畝之麥量單位為布洗爾(Bushel)) (iii)

表三十三 乾旱時廐肥與人造肥料之比較

	濕	潤	時	旱	瘠	時	五	十	年	間	之	平	均
	(一九〇九年)												
	(一八九三年)												
廢 肥 施 用 區	一六・〇				三四・三							三五・七	
完 全 人 造 肥 料 區	一六・三				二〇・三							三二・九	

即是濕潤時，廢肥與完全人造肥料殆同效用。旱魃時則廢區之收穫多至十四布洗爾。五十年之平均成績，廢肥占優勢。元來小麥為根深能利用地下水之作物，其當旱魃時，猶表現如此差異，若以蔬菜類等淺根作物試驗之，其影響之大更可知而知矣。

(3) 增加有益微生物 施用廢肥之土壤，有機質增加，此為土中棲息之微生物之良好食料，故廢肥施用之土壤，其中土壤微生物必異常繁殖，而繁殖愈盛者。有機物之分解亦愈速，生成碳酸氣、腐植酸亦愈多。土壤中之不能溶養分，或其他難溶解之肥料成分，可因此生成物而變為可溶解物也。茲將施用廢肥與不施廢肥之一公分土壤中微生物數比較列下：

表三十四 施用廢肥後對於土中細菌之增加

	不 施 用 廢 肥 者	施 用 廢 肥 者
細 菌	七、五〇〇、〇〇〇	五七、六〇〇、〇〇〇
絲 狀 菌	八三〇、〇〇〇	二、九六二、〇〇〇

(4) 增加土增土壤之保溫力 廢肥腐敗分解時，生成腐植質與土壤以黑色，因之可增加土壤吸收溫熱之力。

(5) 便於搬運 腐熟廢肥所含之三要素比較的濃厚因其容積縮小搬運上又較新鮮便利。

(6) 無傳染病菌及雜草種子之弊 腐敗進行時，糞中或褥草所帶來之雜草種子及病菌或有毒物質均經分解而失其發芽力或至於無害。

(7) 氮氣成分最適於植物 廢肥中氮氣之功效，因形態而異，其肥效大者為富於可溶性之亞母尼亞鹽類及硝酸鹽類，廢肥之富於尿素者次之，含有機態氮氣多者最劣。腐熟之廢肥其氮氣成分，大都由有機態或尿素態氮氣變為亞母尼亞鹽類或硝酸鹽類，故最適於植物之吸收利用。

麥爾克 (Maerker) 氏曾有大麥栽培成績，謂廢肥中與尿中之氮氣效速如智利硝新鮮糞中之氮氣效遲。即智利硝之肥效為百分時，尿素之氮氣為八十分。廢肥中之氮氣為三十二分，而新鮮畜糞中之氮氣不過十二分，尚不及智利硝之八分之一也。

表三十五 廢肥氮氣與同量他種氮氣肥效之比較

肥	料	穀實 (g)	莖	稈	合	計	增	收
無	氮	料	區					
氮	氣	區						
利	硝	0.6g						
			八四·九	一〇〇·〇	一一五·四	一八五·二	一〇〇·〇	.....



尿	素 N 0.6%	七三·三	九八·四	一七一·七	八〇·七
畜	糞 N 0.6%	五五·六	六八·七	一二四·三	一一·八
廢	肥 N 0.6%	六六·六	七一·二	一三七·八	三二·三

照上列試驗結果如智利硝之氮素效能爲一〇〇，則尿素約八一，廢肥約三二。又廢肥中之磷酸及加里之肥效依麥爾克之結果與過磷酸石灰之磷酸八〇%相當，其中鉀質與斯他斯非特(Salep)鉀鹽相似云。

第七節 廢肥之施用 (The Method of Application)

堆積廢肥之施用時，先自堆側順次挖取，而運搬以去，決不可先取自上面。蓋因堆之上下層分解程度不同，分含量有異故也。如是挖取之後，須十分攪混，令其品質均一，然後施用。如施用前而欲配合過磷酸石灰木灰，及他人造肥料者，則先將廢肥之固塊搗碎（有篩之必要時則以粗孔篩篩之）薄布於地上，然後將所欲配合之肥料，平等撒，而以鋤耙類漸次混和之可也，欲混人糞尿者，亦必搗碎廢肥固塊，而後以人糞尿撒布於其上，令其吸收盡時，始如法混和。

搬至圃場之廢肥，須即時一徧撒布掩土，以鋤入土中，決不可長久放置地上。如不得已而必須放置，以待農閒始可撒布時，則預於圃場之一部，選擇適宜位置，如舍外堆積法堆之，至施用之適期時，並堆下之土壤，一併混合施用，否則長久小堆散置於圃場，風雨暴露，氮氣受損自不待言，而磷鉀及其他無機養分，亦必洗滌以去，肥料之價

值大為減少。且其後縱然平等撒布，而堆積肥料之部分，已有多少肥料成分浸透於其下面，自必異常肥沃，作物因之成長較他處特茂，不免有倒伏之虞。

麥爾克氏曾因此種損失而施行試驗者，其法以兩木箱內各填一定量之土壤，其上薄敷以腐熟廢肥，一箱不別施他種處理方法，一箱則稍潤以少量水分，放置八日而觀其結果。前者損失氮氣十三%，後者損失十七%云。又格冷(Gerland)氏亦曾作同樣之試驗，設大一平方公尺之淺木箱二個，各薄敷土壤於器底，其上撒布二公斤廢肥一濕潤以水，一不別加水。四月之後而分析驗之，前者損失氮氣一五·二%。又熱門(Reed)氏將廢肥運之圃場隔二丈五尺至三丈一堆，堆為數小堆，堆之高三四尺，至翌春始以耕具犁入土中，以栽培小麥外，又同樣腐熟廢肥分量者運之圃場，即行犁入，仍栽同樣小麥以此行比較，其結果如下（收量比較）

表三十六 新鮮廢肥與腐熟廢肥對於小麥產量比較

不施	廢肥	區	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	(六)
運去即犁入之廢肥區	一〇〇·〇	一〇〇·〇	一〇〇·〇	一〇〇·〇	一〇〇·〇	一〇〇·〇	一〇〇·〇	一〇〇·〇
翌春始犁入之廢肥區	一〇六·〇	一三三·七	二二二·三	一四一·八	一三三·三	一九三·四	一六五·九	

廢肥之耕入土中約深十五乃至二五公厘，不可失之過深，深則在黏重土中因氧氣缺乏，其分解作用不免延滯或至全然停止。輕鬆砂土中，而植物尚未吸取養分之先，其含有價值之含氮氣物分解者，已滲透於地中矣。

茲將厩肥施用應注意之點概括摘記於下：

(1) 厩肥爲遲效肥料，其效遲慢，於作物之播種或移植之際作爲基肥施用甚好，但新鮮者，更當比腐熟者早施之也。

(2) 生長期長之作物，當施用稍稍腐熟不十分之厩肥。其生長期短者則須以十分腐熟之物施之。

(3) 氣候溫暖地方或溫暖時節，用六成腐熟者無妨。若寒冷地方或寒冷季節務須施用十分腐熟之物。

(4) 厩肥又當因施用之土質而分別其腐熟度，例如重黏土中肥料分解作用遲緩，當用十分腐熟之厩肥。反之如施用於輕鬆土壤中時，其分解迅速，用稍新鮮者亦可。但以改良土壤物理學性質爲目的而施用者，須用全新鮮物自不俟言。

(5) 厩肥之犁入土壤，當隨其腐熟度及土質而異其深淺。一般新鮮厩肥宜淺，腐熟者宜稍深。又重黏土宜淺，其他土壤宜稍深。

(6) 新鮮厩肥不可與硝酸態氮氣肥料混用，其中含有適於硝酸還元菌繁殖之炭水化合物，恐惹起硝酸之還元作用，使氮氣逸散也。麥爾克 (Mauclerk) 氏於砂質土壤中用燕麥試驗之成績其施用之硝石氮氣百分中，因與家畜糞共用而受之氮氣損失分數，馬糞共用時四十二或四十七分。牝牛糞共用時二十二分。牝牛糞共用時十二分。羊糞共用時十六或二十三分。

(7) 厩肥之施用量因施用之目的；厩肥之熟度，作物之種類，土壤之性質等而不同。大約一畝地千五百斤

內外。但對於玉蜀黍，高粱，白菜，蘿蔔等作物，縱多量施用，亦無大妨礙。以此等作物於多量貯蓄養分中並不多所攝取，且不損壞品質故也。

要之廐肥爲完全無缺之肥料。除廐肥外，不能經營良好農業。所謂廐肥農業者，正有提倡之必要，即是不直接購買肥料，而將農家自己生產之廐肥，施以適當堆積，良好管理，以及搬運。施用無不注意周到，並一切農場所出之廢物，亦收爲肥料，不浪費金錢後，以維持地力，增加生產之農業經營法也。

#### 第八節 堆肥 (Compost)

堆肥乃各種物質堆積腐熟之原料。其原料不問其爲植物爲動物爲礦物，苟可腐熟而爲肥料者，皆得爲堆肥之原料。故堆積腐熟之廐肥，亦可稱爲一種之堆肥，不過其原料主爲家畜之排泄物，與普通所謂堆肥者不同而已。製造堆肥之目的，乃將直接施之土壤，不能爲作物吸收利用之分解遲緩物質，或直接施之雖容易分解而對於作物有害作用之物質，堆積而令其發酵腐敗，變爲適當分解之物，或完全爲無害之物也。供製造用之原料甚多，其主要者爲農場所產之糞，雜草，落葉，塵芥，草木灰，海藻，泥炭，黏土，以及其他種種屑渣。爲促進此等原料之腐敗往往混入魚肥，蠶蛹，動物之死屍，屠場所廢棄之毛角，蹄，血液，內臟，肉屑，骨，炭屑等動物物質堆積者。蓋因動物物質較植物質易於腐敗分解故也。又於堆中須時加污水糞，尿等於其堆上，以便輸入腐敗細菌，而令其發酵作用旺盛，其堆積中之變化管理法施用法等，大概均如廐肥中所述焉。

堆肥之製造法亦與廢肥中所述之方法大同小異，惟因其原料之不同，有當於堆積之先切斷粉碎，使成容易腐敗之形狀者，其堆積也，務選擇分解程度無大差者同一堆積之。

堆肥既為各種物質混合調製者，其成分自然隨原料之種類而有不同，卻非一定之物。概言之，十分醇酵腐熟者，與腐熟廢肥無大差異，其平均成分如次：

氮氣 ○·一乃至三·○%

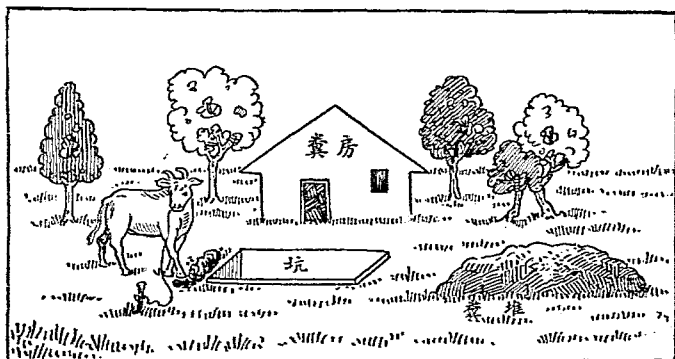
磷酸 ○·二乃至五·○%

加里 ○·二乃至一·○%

廢肥與廢棄物之堆法，普通以四寸至六寸厚度之乾土、河泥，或富於有機質之黑泥為基礎，上鋪一層之新糞或草稈、垃圾之類，厚約六寸，廢物、糞尿、黑土等更迭成堆，不斷加水或尿或污水，以溼透其全部而不流出為度。如此堆成三角形或上狹下寬之任何形狀而以稀泥塗於表面，厚一二寸以防雨之滲入。經過二月之久，翻覆一次，以混合全部使其腐熟均勻，在夏季大約共需三月之時間即可施用。又有將豆餅、綠肥、獸骨或其他有機質肥料，堆積醇酵而後施用者，如此則增堆肥之要素含量及其肥田效力。

在四川地方農家常於居住附近之隙地掘一土坑，大小深淺隨堆肥之製造量而不一致。耕牛日間休息於此坑側，其糞尿與飼料之殘餘者，概掃入坑內，牛舍中之糞尿及褥草按日清除運入坑內，更時時由田基四處鏟取草皮(草)灰，以及一切廢棄物，概納入此坑。積之既久，待堆積物與地面齊時，下層物含有適當之水分已經一

(圖解五) 四川成都各縣堆肥製造法



部或全部腐爛，於是將坑內物掘起，上層未經腐敗者轉入下層，再堆積於地面，加以遮被，使其受同樣之腐敗作用。經過相當時期，將糞堆耙開，將成塊者打碎，約略風乾，通過一定篩孔，以除去粗塊之有機物及磚瓦之碎片，貯於堆肥房內以備隨時應用。當坑內物掘起一度清除之後，牛糞，草稈，草皮，垃圾，草木灰等又相繼傾入，隨滿隨掘，再行堆積，繼續不已，廢物得以利用，田畔畦間之野草賴以清除，而終年有堆肥之供給，雖未能稱為完美，實一最經濟之法也。

轉視廣東鄉村屋側道旁隨處皆垃圾，豬糞，牛糞，任其雜陳，到處污穢有礙衛生，即間有收集堆於一處者，然暴露地面，日晒雨淋，貴重肥料成分或由氣體而飛散，或經滲漏而損失泰半矣。當此農村經濟破產，肥料缺乏之秋，吾意堆肥之提倡，實為急務。

尤有進者，廣東山地居民少，除一部分之山草供給農家之柴火外，常一炬而了之，稻草亦有燒而後用作肥料者，其損失甚大。此種山草或稻稈可投塘中浸濕，取出混入相當量之石灰及硫酸銨或糞尿污水等，再堆積使其發酵。蓋草稈為炭水化合物，欲其腐爛容

易，必須加以細菌所需之其他食料，同時使溫度適當以合乎細菌之生長。腐敗進行之際，生出有機酸常足妨礙其作用，故於硫酸銨之外加以石灰。據哈尾生 (Halvorsen) 與唐哥生 (Togerson) (六) 之試驗，糞稈類每噸加石灰粉一百磅，及硫酸銨四十八磅，其結果最佳云。

堆肥之效能不獨直接供給作物之養分，又富於有機物，能改良土壤之物理學性質，及輸入微生物於土壤中，以促進土壤中之分解作用，所謂間接肥效亦大焉。

要之，堆肥雖為分解之廢棄物所成，然醱酵得宜，能敵腐肥，不失為農業上之經濟的肥料也。

#### 參考文獻：

- 1 Van Slyke, L. L.: Fertilizer and Crops, pp. 288-316
- 二 川瀨惣 肥料學五九九——六三六頁
- 三 Hall, A. D.: The book of the Rothamsted Experiments, pp. 42-54
- 四 吉村清尚 肥料學講義 劉友惠譯 一一——一四五頁
- 五 Lyon and Buckman: The Nature and Properties of Soils, pp. 518-519(1922)
- 六 Halvorsen, W. V. and E. F. Togerson: Production of Artificial Manure by fermenting  
Straw. Journ. Agr. Soc. Agronomy Vol. 19, No. 7, pp. 577-584(1927)
- 七 Lyon and Buckman: The Nature and Properties of Soils, Macmillan, pp. 506-507

(1922)

⌘ Hart, E. B. and Toppingham, W. E.: General Agricultural Chemistry, p. 125, Madison, Wisconsin, 1913



## 第八章 綠肥 (Green Manure 或稱草糞苗肥)

綠肥云者，栽培青草嫩葉等生鮮植物，在一定時期犁入土中，藉以增加有機質增進或改良土壤性質以適於作物生長之謂也。俗稱壓青。用於此等目的之植物謂之綠肥作物 (Green manure crops)。有時培植於他種主要作物之後，使被覆地表，使土中肥分不致因秋冬之季，暫時休耕而流失以去，故有時名之為被覆作物 (Cover crops)。如菓園中行列間所種植之作物，其目的在被覆地表，可謂之被覆作物。但將莖葉犁入土中，則又可稱之為綠肥作物矣。

綠肥之效用自古知之，禮記，齊民要術，農政全書中皆有記載，惟究其所以能增進土壤之性質與作物之生產則多未解其故，茲就多數之經驗成績，詳加解釋，分下列數項言之：(一)

### 第一節 綠肥之效用 (The Functions of Green-manure)

綠肥之效用可得分為下列數項討論：

(1) 有機質之供給；綠肥最大之效用，在增加土壤中之有機質，雖其量隨作物之種類及生長狀態而有所不同，約言之所產新鮮植物質，合根部計之每英畝平均在五噸與十噸之間，此中約合乾物質一二噸，水分四至八噸。

土壤中有機質之供給，在農家舍綠肥外，欲得如此巨量而價廉者，實不可多得。而有機質之分解其裨益於土壤者尤夥，大概根部最先腐敗，新鮮柔嫩之莖葉次之。

(2) 溶解性肥分之保持；有時土地經長時間之空閒，無作物之佔據，例如夏季或早秋行代田或休耕制時 (Fallowing)，土中生成硝酸鹽不免有流失之虞。(1) 由地下排泄以去 (2) 在一定狀況之下變為游離氮氣以去。據多數試驗之證明，凡土地佔有作物者，植物營養料之經排泄水而流失者甚少，大都被吸收而變為有機質。若硝酸鹽在某狀態之下，不易變為游離氮氣時，其容易溶解部分之養料亦變為植物質，不易流失云。凡作物具有衆多之根部者，其吸收集中肥分之效尤著。氮素以硝酸鹽態流失者，每年每英畝在休閒之土地，約四十磅。普通在砂土流失最多。七八月之間氣溫最適於硝化作用之進行，亦為最易流失之時。若在連年種麥之地，硝化還元作用盛行，氮氣之被作物利用者，與流失之量約在一與五之比云。

(3) 氮氣之增加；豆科植物在適當生長狀態與特種之根瘤細菌共營生活時，能利用空中游離氮氣，而增加土壤中之氮氣量。此種植物用為綠肥時，增加氮氣量隨種類，收成，成熟度，而有不同。合根部與莖葉計之，每英畝約含一百磅至一五〇磅之氮氣。然此非全來自空中，不過大部耳。其量之多寡，當視各種植物游離氮素之能力而定。據福以耳 (Frank) 之試驗，豆科植物中所含氮素約三分之二來自空中，三分之一吸自土壤，氮氣化合物為有機態。綠肥經分解作用後，最終仍變為硝酸鹽遺留土中，為日後作物之需求云。

(4) 聚集肥分；植物之根深入土中，集各部分之氮磷鉀三者入組織之中，根莖葉腐敗分解後各成分仍歸

於土。是其存在之範圍，已較前為狹，是種能力，尤以豆科植物為著。因其不但集中土中之養分，更吸收空中之氮氣，加於土壤也。

(5) 增加可溶性植物營養料；植物之根能將土中養分化為溶解性，而入於組織中，及其用為綠肥復入於土中，則所含養分之溶解度，已較未經植物吸收前，大為增進矣。

(6) 底土養分之上達；植物之具有深長之根者，能由底土收集多量養分，輸於表土。且便於日後作物之吸收利用，苜蓿之根，其著例也。其能力達十二尺到三十尺範圍內云。

(7) 改良底土之狀況；綠肥作物中之主根甚長者，深入土中，及為等深根腐敗後氣體隨之發散，此虛隙處，即為水溶液與空氣之通路。

(8) 對於表土之關係；綠肥作物用以遮蓋地表時，則有阻止山腰表土之洗刷，或砂土隨風颳去之效。若用之冬季，能增加地溫，減少雪之落於地面者再隨風以俱去，於此可免過量水分之蒸發，減植物之凍害。

(9) 對於菓樹之關係；綠肥作物用於菓園，遮覆地面者，與菓樹爭求養料及水分。若土中硝酸鹽存量過多，足以使菓樹生長新木質太甚，入冬後，此等枝條耐寒性弱，往往凍枯，菓園中之被覆作物能利用過剩之水分與硝酸鹽，防其於夏季時作過茂之生長，促木質早日堅練。

(10) 保持水分；有機質富於吸溼性，故增加有機質土壤常溼潤，作物得較多水分之供給，此於雨量少之地方尤為顯著。在西北旱農區中以壓青為重要工作之一，普通農民將青草翻壓於土中，常以今歲壓青之多寡，而預

測來年收成之好否。蓋西北十年九旱，今年未壓青，則明春能否下種實無把握。即遇雨水調勻之年，而壓青之收成亦較他地爲佳云。(七)

少數綠肥作物能完成以上各種功能，但供給有機質，減少養分之流失，增加土壤之保水力，被覆土表，則皆有之，其能增加土中氮氣者亦復不少。

## 第二節 綠肥作物之種類

由此觀之，綠肥作物中以能完成以上數目的者爲上選。此外尚須注意下列事項：

- (a) 適於風土氣候，栽培容易，生產確實者。否則徒勞多效少，故宜栽培強健之種類。
- (b) 綠肥作物宜質軟多汁，施予之際處理方便，分解易，後作良好者。
- (c) 生長比較迅速，且繁茂可以壓制雜草之繁茂者。
- (d) 深根，能利用底土之養分或養分之流入底土者易於上達者。

選擇何種植物爲綠肥，當以各地之土質氣候，輪作之次序，栽培目的，綠肥之飼料價值等而定。作物中之用爲綠肥之目的者可分爲：

(1) 豆科綠肥 (*Leguminous green manure*) 與根瘤共生，能由空中吸取氮氣貯藏體內，及耕入土中，因腐敗分解而增加土中氮氣之含量，以備其他作物之用。且爲害豆科作物之病菌及其種類與生理，異於在禾本

科及根莖類等者，故便於輪作制。

(2) 非豆科綠肥 (Non-leguminous green manure) 吸取氮氣僅限於所在之土壤，及其耕入，僅將原有氮氣量返還，而無所增加。非豆科植物用爲綠肥者有十字花科（油菜），禾本科（黑麥 *Poa*），蓼科（蕎麥 *Buckwheat*）等數種。此等對於一般外界抵抗力強健，地味瘠薄豆科植物生長不良之處亦能繁殖。生長期短而產多量之有機質。

茲擇重要之豆科綠肥作物述之如下：(八)

(1) 紫苜蓿 (*Lucerne, Alfalfa, Medicago sativa* L.)

紫苜蓿之原產地爲乾燥而溫暖之中央亞細亞，故乾燥之熱帶或亞熱帶皆適合其繁殖，惟熱而多雨則非所宜。深厚肥美之土壤爲其理想的生長地，但瘠薄之土地，若非過於堅硬妨礙根部之發展，施以相當之廐肥，磷，鉀，及石灰，亦可得良好之收成。我國西北部及北方諸省雨量少，土壤富於石灰質，紫苜蓿之栽培最爲普通。我國南部雨量多，土壤亦大半爲酸性，然於排水佳良之旱地，施以相當量之石灰亦未嘗不可栽培也。

紫苜蓿可於任何時期播種，春夏秋無所不宜。所宜注意者，下種後數月生長甚慢，易被雜草侵襲，幾無收穫之可言。蓋紫苜蓿爲多年生之植物，由第二年起方逐漸增其收量，每一個月至一個半月可收割一次，產量隨土地之肥沃度而定，大約二三千斤爲最普通。

紫苜蓿之種子不易與莢分離，常連同下種，故播種量宜較多，且宜預先浸入水中一晝夜，或在大雨之後播種。

乾旱之土地宜用條播，每隔二三尺一行，以便中耕。在溼潤境可用點播或撒播，播後施以一層之灰及石灰，而後蓋土。播種後如過於乾燥宜行灌水，並除草一二次。

紫苜蓿最大之收穫量為開花之初，約四分之一開花之時，故宜時時注意開花期，然全不開花者有之，於生長蓬勃，收割後四五星期再割當無大誤。在北方每年可割三次，南方可割四五次。

(11) 紫雲英 (*Astragalus sinicus*, L. 別名翹搖)

紫雲英為冬季之草，本豆科植物，有早生，中生，晚生三種，以晚生種產量較多，故栽培者較多。以產地言有中國種，日本種，印度種等，除酷寒積雪之地方，與過溼之處外，皆栽培容易。如播種於稻田，可於秋收後數星期，稻田排水性較好時撒下。並宜開排水溝以防雨水的停滯。在寒冷地冬季須用草稈遮蔽以防禦凍害。播種量晚生種約每畝一升，中生種二升，早生種三升。翌年三四月可犁入作稻田綠肥，我國南北皆有生產。

以肥料言，紫雲英亦如其他豆科植物，不需氮氣肥料之特別施予，然欲求幼植物生長暢旺，於草木灰及過磷酸石灰之外，亦宜施以相當量之堆肥或廐肥。

紫雲英之收穫量，依土質氣候及栽培法而有不同；但普通每畝可收新鮮莖葉二千餘斤，每畝之收穫可供二畝綠肥之用。據日本東京農科大學之研究，一畝面積之紫雲英，至開花為止，由空中固定之氮氣量為九斤六兩，與十二擔人糞尿或一百二十斤之魚肥之肥效相等云。

(111) 大豆 (*Soy Beans* 別名黃豆)

(圖解六) 紫雲英(廣東曲江縣產)



1, 2, 3, 花瓣與原物同；4, 5, 6, 放大一倍半。

7, 種子放大十倍；紫雲英本體縮小三倍

大豆之原產地爲東三省，中國北部之野生種到處可見，不過栽培者爲直立叢生，野生種爲蔓狀而已。種類頗多，故其分佈極廣，南北皆可生長。適於多雨之地，亦能抵抗乾旱。用爲綠肥者秋大豆比夏大豆爲佳，大粒種不及小粒種。

大豆可種於旱田作爲水稻之綠肥，或於水稻秋收之後，不種油菜或小麥，單種綠肥大豆，或作油菜及小麥之間作。播種期通常在三四月。

大豆因播種期及品種等不同而大異其收量。通常條播以便中耕，播種量比之採種實爲目的者爲多，普通小粒種每畝約五六升，大粒種須一斗左右。種植大豆須勤於中耕除草，直至開花時，刈其地上部以作肥料，稱爲青刈大豆，此時含有成分量最多。茲示綠肥大豆之成分多寡與收穫期之關係如下：

表三十七 大豆成分與收穫期之關係

採集時期	集水		鮮風		乾新		鮮風		乾新		鮮風		乾新	
	分	%	分	%	分	%	分	%	分	%	分	%	分	%
開花前七月十日	八二·八九	五·一〇	〇·四六	二·五八	〇·〇八七	〇·四八	〇·五一三	二·八五						
開花始七月廿日	七九·四九	五·四〇	〇·五七	二·六五	〇·〇五九	〇·二七	〇·五一八	二·三九						
開花後八月一日	七五·九六	五·四〇	〇·五〇	一·九八	〇·〇六七	〇·二六	〇·四三三	一·七〇						

(四) 苜蓿 (*Medicago denticulata* Wild)



此物在四川成都平原秋冬之交野生於排水後之稻田中，江浙多人工播種。葉三出，小葉呈倒卵狀，葉面粗，質強韌，莖生，草柔嫩，可作菜蔬，稱為苜蓿菜。開黃色之小花，數個聚集，莢有刺，呈螺旋形，種子比紫雲英小，而為腎臟形，色黃褐至濃褐。抵抗寒力比紫雲英強，氮素含量亦高。

(圖 解 七)  
苜 蓿 及 其 種 子



品種有大苜蓿小苜蓿二種，前者高達四五尺，莖葉較後者大，且收量多。熟期遲至六月上旬可以刈取。後者成熟較早，高三四尺，性質比較前者抵抗寒力強，栽培容易。在美國稱為 Burr clover，加里福尼亞 (California) 盛行栽培。

苜蓿種子與莢不易分離，在播種之前浸

水一晝夜或二三晝夜，但必須換水二三次。浸過之莢，每斗用草灰一二斤混合揉之。在九月中旬頃播下，南方冬季綠肥作物之優良者也。

(五) 蠶豆 (Vicia faba L., Horse bean)

蠶豆在比較溫暖的地方，當播於水田以為綠肥，比較豌豆抵抗寒力弱，繁茂於潤濕之黏土，不宜於富於石灰

之土壤，忌連作，易罹嫌地病。九月下旬至十月下旬依地方情形而定，收割稻作之後，開溝排水，作幅二尺餘高一尺餘深之畦以爲播種之用，大概每畝播種量爲六——八升，小粒之蠶豆則需一斗餘。

(六) 豌豆 (*Pisum sativum* L., Pea)

豌豆係夏季之作物，但在氣候溫暖之處，可作冬季作物，無論何種土地皆能生長，而以黏土爲佳。雖性好石灰，然缺乏石灰之土亦能生長。播種普通在九月下旬至十月下旬。播種量每畝一斗左右。

(七) 苕子 (*Vicia* or *Vicia*, 別名燕子花, 野豌豆, 毛豆)

苕子爲一年生植物，係蔓狀，葉有捲鬚，高三尺至五尺，長江一帶可於八九月收穫稻之後行撒播。較寒地方可於早春播下。苕子在四川成都平原常與蠶豆混播，而於異春插秧之前刈下作爲稻田綠肥。歐美多與黑麥 (*Rye*) 混合播種，其柔嫩之蔓賴以支持，收穫後兼得良好之飼料也。

苕子之種類甚多，在廣東已有三種發現生長甚好。砂質壤土，排水良好較在黏土爲佳，缺乏石灰之土壤亦能生長。

(八) 三葉草 (*Clover* or *Trifolium*) 別名詰草, 金花菜, 車軸草。

(a) 紅三葉草 (*Red clover*, *Trifolium pratense*)

適於多雨之地方，此與紫苜蓿之習性相反，而需要多量之石灰則相同。在南方通常於秋季播種，較寒之地則於早春播之。



A. 紅三葉草 (Red clover)      B. 紫苜蓿 (Alfalfa)  
 C. 田菁 (Sesbania)

(b) 瑞士三葉草 (Alfike clover, *Trifolium hybridum*) 得名於瑞士之地名，比較紅三葉草能適應土壤及氣候之不同，而以寒冷潤濕之土壤為宜。但於乾燥之氣候亦能與紅三葉草齊茂，而於抗寒抗熱之力則遠過之，故凡紅三葉草生長不良之處，瑞士三葉草得以代之，尤以石灰缺乏之土壤，獨能繁茂為他種所不及。通常與紅三葉草混合播種，每畝播種一磅已足。多年生，產量不如紅三葉草。

(c) 白三葉草 (White clover, *Trifolium repens*) 此物為歐亞二洲之野生種，首經栽培於荷蘭，故有荷蘭三葉草之名 (Dutch clover)。



A. 甜三葉草(Sweet clover) B. 深紅三葉草(Crimson clover)  
C. 荻子 (Hairy vetch)

白三葉草亦係多年生，匍伏地面，一株所佔面積往往縱橫二三尺，最高不過離地面數寸。其能適應之環境較瑞士三葉草猶且過之，特別於乾燥高溫之氣候，故在南方少雨之處為宜，同時能生長於酸性土，除極端潤溼之地無不

適宜外，通常與青草 (Blue grass) 混合播種可為一良好之牧草地，在冬季或春季播種。

(d) 甜三葉草 (Sweet clover)

最普通者為白花與黃花之甜三葉草，在肥沃之土生長繁茂高達六七尺。其原產地為中央亞細亞，能抗寒，南方氣候亦能適應，但宜排水良好而富於石灰質之土壤。最易生，無論何種之土壤

皆能繁茂。

甜三葉草爲多年生植物，第一年生長甚慢，第二年則異常迅速，早春發芽後兩個月即達四五尺之高度，如於此時刈下作爲飼料或綠肥，又繼續生長，通常一年可割三次。如要留種只割一次。

(e) 田菁 (*Sesbania aegyptica Pers*)

福建廣東之一年生熱帶綠肥植物，高達六——七尺乃至十尺。羽狀複葉，花淡黃色，莢圓狀，長六——七寸或二——三寸不等。適於稍溼潤之砂質壤土。山崗土地生長較劣。三月播種，七月開花，可割下作第二造稻田綠肥。

(f) 豬屎豆 (*Otolaria*) 係廣東福建山野間野生豆科植物，種類甚多，在稍溼潤而較肥美之土地，生長茂盛高達六七尺，乾燥地之山地可約二三尺不等，初墾闢之地不甚適宜。有細葉寬葉數種，普通以寬葉者，枝葉較密，有機質量大。黃花，莢長寸餘至二寸餘，十數莢排列簇生。每年可刈三次。春夏皆可播種。

(g) 胡枝子 (*Trifolium formosum Koehne*)

廣東各處山野間自生，高五——六尺，刈取後又由側方生新梢，成長甚速，七八月之交，開赤色之花。生育於瘠地，抵抗旱魃力強，每年可刈取三回。

此外尚有羽扁豆 (*Lupinus*)，木豆 (*Pegon Pae*)，舍得拿 (*Sarradella*) 等豆科綠肥作物未及備載。

### 第三節 施用綠肥之決定

(圖 解 十)

適於廣東旱地之兩種綠肥作物 (原物縮小一倍)

第八章  
綠肥



一三一

A. 胡 枝 子 (*Lespedeza formosa* Koekne)

B. 豬 屎 豆 (*Crotalaria striata*)

除以上所述各節外，更有宜加注意者：(a) 何時宜用綠肥作物，(b) 定用何種作物，(c) 栽培綠肥作物之注意事項。

(1) 何時宜用綠肥？施用綠肥於適當情形之下，克奏厥效，然不能漫無限制，以致勞而無功，或反覺有害。大凡土壤之缺乏有機質與氮氣者，其理學性質必不良，施用綠肥能矯正此弊，而尤以輕鬆之砂土，與黏重土質為著，用於菓園，可為被覆作物，其效亦大。

在土壤性質良好，作物豐收之地，綠肥之施用，每隔數年為之，其目的在能保持土中有機質與氮氣之供給足矣。若以畜牧或乳酪為主業，農場有多量糞料之供給，則綠肥作物中，如紫苜蓿，紅三葉草等，可以培植。先作飼料，則飼畜與肥田兩得其用。

氣候乾燥之地，倘非灌溉，耕入土中之有機質腐敗極難，使土壤中虛隙驟增，水分之蒸發速，故施用綠肥之時，不可不注意此等要點也。

(2) 宜用何種作物為綠肥？綠肥作物之選擇，當視該地氣候土壤用目的，與農業種類而不一。若適豆科植物之栽培，應首由豆科植物中選擇之，期其最合乎特別情形者，然則各種植物之特別性質，不能不詳加考究矣。豆科植物有一年生、二年生、多年生之別，宜夏宜冬之分，瑞士三葉草，白三葉草，胡枝子，紫苜蓿 (Alfalfa) 屬於多年生，甜三葉草屬於二年生，紅三葉草雖有三年之生長期，但往往僅繼續二年之生長，故亦可稱為二年生。此等作物因生長期較長，故在最初生長遲緩，欲於短期間，求得多量有機質之供給者，未能如願以償。至於大豆，落花生，田

菁(Stachytarix), 豬屎豆(Orobanche)等乃一年生之作物宜於夏者。若子, 豌豆乃一年生宜冬者。若在氣候較暖之地, 雖在冬季豌豆等, 亦可用之。以根部入土深淺言, 紅三葉草, 甜三葉草, 紫苜蓿, 豬屎豆, 田菁等屬於根深作物。其根約占全植物三分之一至一半。至於其他豆科植物之根, 比較淺鮮。約占全植物六分之一至十分之一云。以上種種均宜就地方情形酌與取舍。

(3) 栽培綠肥作物之注意事項: 在適當氣候情況之下, 培植綠肥作物不難收良好效果。即在貧瘠之地, 亦能有能遂繁茂者。惟求其克奏厥效, 亦不能不注意下列數端:

(a) 土地之整理 播種之先, 土地必使細勻, 對於豆科植物尤當注意。又一般豆科植物皆需要排水良好之土地。

(b) 施用石灰質物 若土壤呈酸性反應, 豆科植物皆難得良好之生長, 宜施以石灰石粉末, 熟石灰, 或氣化石灰 (Air slaked lime)。

(c) 肥料之增加 綠肥作物亦須充分施肥, 方能得良好之生長。豆科植物除氮以外, 磷鉀二元素非充分施予不可, 然於幼植物亦宜施以少量氮肥, 使其發育旺盛。

(d) 根瘤菌之供給 凡豆科植物必有其特種之根瘤與之營共同生活, 若初次栽培, 往往缺乏特種之細菌。若欲完成其固定空中氮氣之特種功能, 非以人工介紹不可, 所謂接種 (Inoculation) 是也。接種之法有二, 即移土法與純種法。



移土法 擇某處某種豆科植物生長之良好者，取土若干，與所欲之豆科植物種子，混合播下，即可望適宜之根瘤生長。

純種法 將根瘤中之菌漿在特製之培養基中，依細菌學之手術而培養純種，普通栽於扁平之玻璃瓶內，加水及糖少許搖之，傾出與豆混合播下，亦可望適當根瘤菌之生長。通常以移土法最為簡便。

(e) 對於各種土壤之關係 砂質壤土性粗鬆缺乏有機質及營養分，且保水力弱，耕入綠肥可以矯正此弊，並能促出產之增加，故綠肥作物，必其能增加有機質，水分，及氮素三者方為上選。栽培綠肥作物於砂土，往往感水分之缺乏，若為被覆作物時，因前作吸取過量之水分，以致難於發芽者有之；又綠肥作物吸取過量之水分，以遂其繁茂，而使後作物患水分之不足者有之。凡過於乾燥之土壤，皆足減少細菌之繁殖，阻止有機質之分解，含氮物質之變為速效性。然則綠肥作物，不可不選擇有適當水分之土壤而播種可以瞭然。

#### 第四節 施用綠肥之注意

(1) 土壤 砂土中空氣流通，氧化作用盛行，故有機質分解速，且易缺乏，宜於常用，黏土則數年一次。又有機質分解往往生出有機酸，故宜供給充分之石灰，使常呈中和狀態。

耕入多量有機質於砂土中，增加土粒間之空隙，促進水分之蒸發，故一時不可耕入過多。若綠肥作物之體積

過大，或生長過度，粗老部分多者，僅耕入根與莖之一部分，或將綠肥作物刈下，稍加石灰使其腐敗而後用，較為安全。

綠肥作物之用於黏土者，其主要目的不在增加水分之保持力，而在使之鬆疏。其分解也較在砂土為緩慢，故數年施用一次亦不患有有機質之過少。硝酸鹽之流失既少，故綠肥作物用為被覆地表。其防止硝酸鹽之損失，亦不如在砂之著。氮氣由游離狀態而損失者，除排水絕端不良之土壤外，黏土中實不多見。綠肥耕入土中，在黏重土壤宜較砂土為淺。不然分解甚難。且易促有機酸之聚集，最好每畝先施腐熟廐肥二至三百斤。細菌之數既增，則分解不致過於遲緩矣。

(2) 耕入綠肥之時期：綠肥作物耕入時期當以土壤氣候，成長期，與成長度為轉移。大概言之在開花之初期含有氮素最多，且柔嫩多汁，腐熟迅速。若待生長過度，粗硬纖維增多，氮素含量減少。不易分解，存留土中，其結果土壤分水易於流失，而呈乾燥狀態，各種有益之細菌亦為之大減，此種情形，常見於砂質土壤。綠肥之乾燥而後用者，亦有同樣之現象云。故欲得良好效果，土中不可無相當水分，俾得從速腐敗，若多量綠肥耕入，土中既少水分，又值高溫，往往有害土壤，及夏秋之交寒溼隨之，腐敗分解遲而又發生炭酸氣及其他有機酸，使土壤呈酸性。故欲求分解迅速，而免氮氣之損失，不可不有適當之溫度，水分，及石灰。秋季農作物之繼綠肥後者，最好在下種前四星期至六星期之間，預先耕入土中，再加耙鎮手續。

(3) 宜用何種作物繼續綠肥之後：大略言之，須時加中耕之作物如玉蜀黍，馬鈴薯，烟草，棉花等，所在之地，

因常使表土疏鬆，便於有機質之腐敗分解，增加速性養分。黑麥與燕麥，繼於綠肥之後，無大影響，小麥與大麥，往往有生長不齊之弊。

(4) 施用綠肥對於後來作物之影響；在各種不同之氣候土壤，就各種綠肥作物之多數試驗，均證明於適當狀況之下用之，對於後來作物有增加出產之效，關於此種試驗，例如 Red clover 對於玉蜀黍，每英畝之生產量增加二十蒲洗耳，馬鈴薯三十蒲洗耳，燕麥十蒲洗耳，且小麥增收，每英畝達四蒲洗耳，施用綠肥後四年間，亦著其效。由此觀之，豆科植物之用為綠肥者，不但增進土地生產力，且恆數年之久。惟有種作物不宜直接栽培於施用綠肥者，譬如耕入多量之綠肥，繼以適量水分與氣溫，則有機態氮氣迅速變為硝酸鹽，作物一時享有多量之速效性氮氣，不免徒茂枝葉減少種實收成。小麥大麥往往如是。又用過量之廐肥於菓園，使菓實成熟緩而收量蓄，此亦對後繼作物與綠肥有同一之影響也。新鮮綠肥深埋於多水之黏土中，不但因養氣之缺乏分解遲，且因還元作用生出各種有害物，妨礙植物之生育，或引起氮氣之損失，宜先堆積，與土壤混合，加水放置十餘日，使其發酵，有機酸化後再用之於水田。當綠肥分解之初期，其中間生成物 (Intermediate products) 有害植物之生長，而以幼嫩之植物為甚，並害及植物之發芽力。據胡立德 (Hrad) (九) 之報告，含油分多之種子如棉花，大豆之發芽力因繼於綠肥之後大受損害，但含澱粉多之種子如小麥，玉蜀黍等則無若何之影響。胡麻，大麻，油菜之種子亦略受損害云。大概經二三星期之發酵，有害作用已經漸退，幼嫩易腐敗者，其時期自然較短。又播種不可使與墾入土中之綠肥直接接觸，此切宜注意者也。

由圃場試驗之結果，苕子在莖內含氮素每英畝有一一七——一一八磅，在根部有二〇——二九磅，豌豆則有五八——一七三磅，氮素在莖葉，有八——一磅四在根部云。(五) 豆科植物中所含之氮素非盡來自空氣，據實驗結果紫苜蓿 (Alfalfa) 的氮素四〇%來自土壤，六〇%來自空氣。另一試驗則謂一五——一九〇%來自空氣，依土壤及豆科植物之品種而異。(六)

#### 第五節 綠肥中氮素之效力 (Effectiveness of Nitrogen in Green Manure Crops)

如用豆科植物為綠肥，則土壤中除增加有機質外，氮素之供給，以無代價而取得。植物能利用之氮素通常為硝酸鹽狀態，豆科植物之綠肥所供給者為蛋白質狀態，非先被微生物之分解而變為硝酸鹽。不能被植物吸收利用。其變化之遲速當依溫度，水分，反應等而不同。有機質氮素之流失及還元，甚於亞母尼亞態及硝酸鹽類；然有機物在土中發出碳酸氣體，增進細菌之活動力，使有效性氮素增加，過於礦質肥料。據羅里士 (Johns) (二) 豆科植物的有效氮素為一六——八七%，通常為五〇%，而廐肥的有效性氮素為一〇——四〇%，通常為二五%云。故豆科綠肥的有效氮素較廐肥為高。

又在加里佛尼亞 (California) 農事試驗場對於綠肥硝化之試驗，(三) 謂綠肥中之氮素之五〇%三星期內可完全變成硝酸鹽。尤以大豆為最佳。黑麥 (Rye) 所含氮素之九四·七%，苕子 (Vetch) 之七三·五%，需四個月之久，其硝化作用方能完全(四)，綠肥之價值與其老幼有關，開花前之綠肥所含氮素較開花後者多，而於

易硝化。水分多與幼嫩者較之水分少而粗硬者硝化易，由前列結果可以知之。

綠肥的有效性氮素爲五〇%，則其價廉於人造肥料。若將豆科作物飼養牲畜利用糞尿，則更爲有益。蓋牲畜不過消耗養分百分之二十，其餘悉排泄而出，且經消化機能後，其效能更增也。

## 參考文獻

- I Van Slyke: Fertilizers and Crops pp. 348-393 (1927)
- II Johns, F. (1910) Handbuck der Landwirtschaftlichen Bakteriologie, pp. 578, 582. Berlin
- III Mc Beth, I. G. 1917 Relation of the Transformation and Distribution of Soil Nitrogen. Jour. Agr. Res. 9: 183-253
- IV Wright, R. O. 1915 The Influence of Certain Organic Matter upon the Transformation of Soil Nitrogen. Jour. Amer. Soc. Agron. 7: 103-208
- V Alabama Agri. Expt. Sta. Bul. 96: 181-208
- VI Soil Sci. 12: 365-407
- VII 任承統 西北農墾工作之一歷青 中華農學會報第一百零三期
- VIII 小野寺伊勢之助 肥料學各論上卷第五章
- IX Fred, E. B.: Relation of Green Manure to the Failure of Certain Seedlings. Journ. Agri. Res. Vol. V. No. 25, pp. 1161-1176 (1916)

## 第九章 有機氮質肥料 (Organic Nitrogenous Fertilizers)

### 第一節 動物遺體及廢棄物 (Animal Carcasses and Refuses)

動物體之大部分，富於肥料成分，若加以工作，善為調製，當得佳良之肥料，然我國牧畜之業不甚發達，肉價甚貴，且少大規模之屠獸場，廢棄物不多，我國農家現在能利用動物遺體者雖甚鮮，將來畜產發達，利用屠獸場種種廢棄物或病殘老死之牲畜以為肥料自意中事。

#### (一) 肉粉 (Meat Meal)

歐美諸國有肉粉製造場，其方法先將病殘或老死之動物去毛剝皮，(售之製革工廠) 肉骨及內臟皆切斷置之大釜，注以硫酸，(約五%) 煮沸凡三至四小時，其浮上液面之脂肪可為製造肥皂之原料，悉除去而售之製造肥皂者。俟脂肪淨盡，乃自釜取出而乾燥之，碎為粉末是即肉粉也。若肉與骨容易分離，則分別乾燥碎為粉末，是即肉粉與骨粉。通常皆混而為一者亦不少。此種混合物約含氮氣六% 磷酸一三%，上等肉粉約含氮氣一三% 一四%，磷酸則依其組成而不一，品名亦有種種，最普通者如 Animal matter, Dried meat, Azotin, Ammonia 是也。

南美產肉粉之製造法與前法異，南美牧畜業頗盛，廣漠之地，野牛棲息之者甚多，故土人率以狩獵爲業，而獸肉之生產額極巨。自德國Liebig發明肉汁 (Meat extract) 以來，南美亦仿行之，其業日昌，因以產出多量之肉粉。肉粉雖爲製造肉汁之殘渣，而其肥料成分，尙不爲少，故乾燥之碎爲粉末，以充肥料之用。此中含有氮氣約九·七%，磷酸約六·三%。

依上列二法所製之肉粉，皆富於氧氣及磷酸，施用之際宜混以三——四倍之乾土，以防細粉被風吹去，尤宜一律分布，以圖肥效之普及。據魏格蘭 (Wagner) 之說，肉粉之氮氣肥效較之血粉 (Dried blood)，角粉 (Horn meal)，較柔嫩植物爲遲，與魚渣 (Fish guano)，骨肉粉 (Bone tankage) 之效力約略相等。

#### (二) 血粉 (Dried blood)

血液中氮氣量，雖視動物之種類，稍有差異，而其富於氮氣，分解頗易，則無不同，故爲氮素肥料之優品，若得血液多時可製爲血粉 (Blood meal or Dried blood)。

置血液於二重鍋中，以高熱之蒸氣凝固之，其自凝固物分離之血漿開鍋底之活栓使其流出，殘於鍋中之血塊，則以壓搾器出其液汁，移於乾燥器，俟水分去，乃粉碎之，是卽血粉也。有紅色及黑色兩種，前者製造所用溫度較低，含一三——一五%氮氣，後者常混合屠獸場種種廢棄物如毛及泥土等，故氮素含量頗不一致，大約六一——二%，此外尙有一·三——一·七五%之磷酸。黑色血粉類似皮屑粉，在土壤中分解較紅色者爲遲，然普通見之於市場多爲黑色之血粉。

(三) 坦克口 (Tankage) 或稱雜肉。

屠獸場內之各種廢棄物如筋、骨、血、臟腑、蹄、角、毛、污水等混合而入於蒸汽鑊內，經若干小時，除去脂肪，乾燥，磨粹而成粉末。即所謂 Tankage 是也。成分頗不一致，依所用各種原料多寡比例而不同。如骨之用量多時，通常稱為 Bone tankage，血、肉、臟腑等用量較多時，則稱為肉屑粉 (Meat tankage)，後者含氮氣約一二%，磷酸甚少。潤濕而帶黏性，不便施用，宜混合乾燥物質，增進其物理性質，再行粉碎，如與 Bone tankage 混合，所得之製品，氮氣含量約三——九%，磷酸一·三——五·三%云。

(四) 角、蹄及皮革碎屑 (Horn, Hoof, and Leather meal)

角及蹄皆自皮膚之變質而成者也，其富於肥料成分，據毀來 (Wheeler) 氏有如下示：

表三十八 蹄角粉之成分

水	分	九·五%	有機	物	八七·四%
氮	氣	一四·一%	磷	酸	〇·二八%
石	灰	〇·四八%	灰	分	一·六九%

上列成分指角粉 (Horn meal) 而言。蹄之成分與此無大異，蹄粉及角粉雖含有氮氣及磷酸頗多，而其性頗韌，腐敗極難，故施之田圃而終不奏效者常有之。然以堆肥或其他腐敗極易之材料，與之混合，復注以尿水或污水，促其腐熟，則亦可為肥料。其效果遲緩，宜用之果樹及其他時期頗長之作物。



皮革平均有七至八%氮氣，然其分解比角蹄類及毛髮類尤難，若不別加工作則在土中永不變化，肥效絕無。然於百四十度蒸氣壓下與稀硫酸液共煮沸之，凡三——四小時，以去其強韌性，再乾燥之碎為粉末，更堆積之，使其醱腐敗，亦可用為肥料，但其效甚遲緩。

茲據民國三年至九年度廣東省地方農林試驗場化驗課第五次報告書所載關於牛皮之分析成績列之如下：

表三十九 牛皮成分

黃牛	紅皮	全皮	氣	機	物	灰	分	水	分	
皮	皮	皮	七·二二四	六三·四二六	一·八五	二七·五	五·〇五七	六六·七三〇	〇·九一三	二七·三

上列牛皮碎為細末，分別與硫酸和勻，加壓熱之，在約四十八磅壓力下經三點鐘久，再分析其中所含之氮素量如下表：

表四十 蒸製後之牛皮氮素含量

黃牛皮	加入硫酸		全氮		素量	
	每百分	中可溶於水 (A)	可溶於水 (B)	殘渣	殘渣	殘渣
	五〇%	〇·六二六%	六·七一八%	〇·〇二一%		

皮牛色紅	第一號	五〇	〇・二六五	二・三〇七	二・一四五
	第二號	五〇	〇・二八五	三・〇四六	一・六七四
	第三號	一〇〇	〇・三一一	四・一四四	〇・三一一

(註) A 已變成硫酸銨者 B 未變成硫酸銨者

(五) 毛髮羽翅及羊毛類 (Hair, Feather, and Wool wastes)

毛髮, 羽翅, 羊毛等工業上用之頗多, 工業盛而此等之屑物或廢棄益以增加。如加以適當之處置, 亦可用爲肥料, 蓋此等物質皆富於氮氣也。然皆分解極難, 直接施之田圃, 數年不變者有之, 故欲利用此等物質爲肥料, 宜混之堆肥, 使其腐敗或以石灰及黏土與之混合, 注以污水聽其自然腐敗, 若加高壓之蒸汽以弱其質, 或置之鉛製鏟中, 注以硫酸煮沸凡數小時, 再以水洗滌硫酸, 乾燥之碎爲粉末, 則勞小而功倍矣。雞毛雖缺乏磷酸及加里, 但作爲氮肥, 頗爲相宜, 又含有機物甚多, 施於輕鬆土, 頗可改良土質。

表四十一 羽毛類之肥料成分

	有機物全		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	有	機			
豬	毛	六九・八七五	九・三四三	〇・二一六	〇・一四五
鷄	毛	六二・三九六	九・六三八	〇・一〇八	微
鴨	毛	七七・八四二	八・八六七	〇・一八七	微
羊	毛	五六・〇〇〇	五・三〇〇	一・三〇〇	〇・三〇〇

## 第二節 魚肥 (Fish Manures)

沿海居民以魚作肥料用者，由來已久，日本、挪威、新芬蘭、英、美諸國其著例也。所謂魚者，種類頗多，而其所用魚類，率為其味不美，難以供食品者，或裝罐頭所餘之魚頭、魚尾及廢棄物等而言。

魚肥富於氮氣及磷酸，其氮氣多為蛋白質，其磷酸率為磷酸三鈣。魚肥效能視脂肪之多少，粉碎之程度而不同，故宜去脂碎為粉末而施用之。其富於脂肪或骨，雜於粉碎者，則宜與堆肥混合，以速其分解，如是十餘日或二十餘日後，氮氣之大部分當變為亞母尼亞。又魚肥分解之際，要有適宜之溫度、溼度，及空氣，故在溫暖氣候其效力頗速。施之黏土，宜淺敷之，在寒冷地方或生長期稍短之作物宜早用之，魚肥之富於氮氣及脂肪者當施用之際，以不接觸種子或幼植物為宜，蓋此種魚肥醱酵之時能妨種子之發芽，害幼植物生長之故也。

魚肥視其種類或富於氮氣或富於磷酸，而其乏於加里則一。施用之時當於加里肥料併用之，而尤以草木灰為最適宜。蓋草木灰為速效性之加里肥料，又能鹼化 (Alpoinification) 脂油，促進魚肥之分解故也。如魚肥之缺乏磷酸者，可用過磷酸石灰補充；蓋魚肥之氮氣與草木灰之加里 (K<sub>2</sub>O) 皆為速效性，與此相配之磷酸肥料，亦宜為速效性。且魚肥及草木灰皆為鹼性，與此相配合之磷酸肥料，當以酸性為宜。

魚肥雖概為速效性，(約與血粉相當) 而非直接溶解於水，故其成分鮮有損失。又能與一切之加里及磷酸肥料配合，不論何種土壤及作物皆為適宜，其用途最廣，性質最安全者也。惟其種類頗多，未可概論，今分述之如下：

### (一) 生魚 (Raw fish)

生魚爲氮質肥料之一種，農業上能利用之，亦爲有益之事，但其可以利用之區域極狹，惟沿海地方始能用此種肥料。蓋生魚腐敗易，且搬運之費用頗多也。生魚含水量多者，養分之含量少，而又富於脂肪，非先煮沸壓榨而後施用之，則其效不大著。蓋脂肪不惟妨礙肥料之分解，及細菌之繁殖，且能害植物之生育也。未經製造之生魚，雖可直接施之土壤，惟先混之於人糞尿及其他液肥，使之腐敗發酵而後用之，較爲安全。

### (二) 魚類之臟腑及其他廢棄物 (Fish wastes)

魚類之臟腑腐敗極易，且放一種惡臭，不便運搬，宜以適當之方法調製之，即先投腸胃鱗鱗等之廢物於大釜煮沸之，繼以壓榨器分離其固形物與汁液，如此所得之汁液，混以木灰鋸屑泥土等，再煮沸之，蒸發其水分，使其成分濃厚，如此調製而成者，固由原料之如何而大異其成分，而要皆便於處理，且貯藏中不至損失養分。至前所分離之固形物，即可用爲肥料。

那威及新芬蘭出產鯊魚 (Cod) 鯨魚 (Whale) 甚多。由頭尾骨鱗鰭腸等之廢棄物之製品即所謂魚渣 (Fish guano 或 Fish manure) 是也。色白或淺黃。普通含水量八·五—一一%，氮氣八一—一〇%，磷酸二—一四%。魚之廢棄物亦有加硫酸者，如此所得製品約含水量一三—一八%，氮氣七—九%，磷酸二—一二%。其中三分之二之磷酸爲溶解性。一部分之氮氣變爲亞母尼亞態，普通約在三分之一上下。但由此法製得者品質不甚好云。

廣東沿海岸有用蝦糠及魚鱗爲肥料者，其成分經中山大學農學院化學系之分析，列如下表：

表四十二 蝦糠魚鱗分析表

魚	有機物		全 N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	糠	鱗			
蝦	四六·三四六	—	三·八五五	二·三四五	〇·一四五
魚	—	—	五·二一三	七·二二五	〇·三三五

(三) 乾魚 (Dried fish)

乾魚即乾燥魚之全體，而用為肥料者也，日本頗多行之，其製作法極簡易，即排列生魚於海岸砂土，曝之日光，使去其水分。若值霖雨之時不能達此目的，則用乾燥器者亦有之。

乾魚脂肪之量與生魚無大差異，以之用為肥料，效果甚慢。蓋其中脂油原無肥料的價值，且能阻空氣水分之流通，故肥料含脂油愈多分解愈緩，其肥效因以愈小。故欲以魚類為肥料，宜搾去脂油製為魚粕。

表四十三 乾魚之成分

鯷魚 (Sardine)		鱈魚 (Herring)	
水	分	七·〇%	一七·九%
有機物	六七·一	六一·四五	
淡氣	七·五	六·五五	
機酸	三·七	二·二七	

加	里	〇・七	・六
脂	油	一六・三	一七・六五

(四) 魚粕 (Fish scrap)

魚粕爲魚肥中之最重要者，日本魚粕以鯷魚及鯔魚爲大宗。其製法置鮮魚於釜中煮之，或蒸熱之，依橫杆裝置，漸加強壓，去水分及油分而後曝乾之，此普通所行之法也。北海道製造魚粕之方法則與此稍異，先切魚之左右腹部之肉乾燥之以供食用，其餘部分悉投之大釜中，加水煮沸之，掬出其油分，及取出而壓榨之，晒乾即得。乾魚之氮、氣、磷、酸及脂肪之分量如下：

表四十四 乾魚之氮素磷酸脂肪含量

鱈魚 (Sardine)		鯷魚 (Herring)	
氮	氣	九・七%	八・三%
磷	酸	四・〇	五・六
脂	肪	八・三	一四・四

由上表觀之，魚粕比之乾魚乏於脂肪，富於氮、氣及磷酸可以知矣。然魚粕所含脂肪仍不少，故施用時其處理方法宜與乾魚同，卽和以草木灰，碎爲粉末，以增補加里之缺乏，使脂肪鹼化，而便於分布也。

## 第三節 氮質海鳥糞 (Nitrogenous Guano)

南美、非洲、澳洲等之海岸，或其附近島嶼雨量極少，此等地方海鳥所產之糞，海鳥尸體及殘餘之魚、海草羽毛等混合堆積而成，其量甚鉅，富於肥料成分，蓋海鳥概以魚類為食物，其糞較之普通家禽糞為優也。

海鳥糞產地，世界中有名者，以南美秘魯 (Peru) 及智利 (Chilo) 地方為最，產於此兩地者所含氮氣甚多，稱為氮質海鳥糞。或秘魯海鳥糞 (Peruvian Guano)。現時已開採將盡，僅新近堆積者，氮氣含量約一四·五%，磷酸九%，其次則為大西洋及西印度諸島所產，此等地方因雨量多及高溫度之關係，發酵分解進行不絕，其主要之氮氣易致流失，含氮氣極少，或絕無之，然富於磷酸，因稱之曰磷質海鳥糞 (Phosphatic guano)，此種鳥糞容後章再論。

秘魯海鳥糞往往積為厚層，而其上中下層性質各異。上層櫻黃，中層自上層之滲入物與下層之揮發物集積而成，其色櫻，下層則為灰白，或紅黃色，其氮氣化合物為草酸銨 (Ammonium oxalate) 尿酸銨 (Ammonium urate) 磷酸銨 (Ammonium Phosphate) 尿酸 (Uric acid) 磷酸鉀及其他有機態氮氣化合物，故氮氣化合物之大部分易為植物所利用。惟其成分易於流失，故貯藏及施肥宜加注意，又因偏於氮氣成分宜與磷鉀并用。

據之李璧熙氏 (Liebig)，草酸銨同硫酸銨對於海鳥糞中之磷酸三鈣之溶解頗有關係，即互相反應而生

成磷酸銨，及草酸鈣。又海鳥糞富於有機質，施之土壤可以改良物理性質，其效能達於數年云。

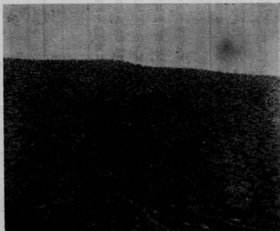
非洲附近之依加保島及打麥蘭等地 (Johnood Island, Darmara-land) 亦產氮質海鳥糞，但所含氮氣較之秘魯所產者少，劣等海鳥糞往往加入硫酸銨或其他氮氣化合物以增其成分，作上等氮質海鳥糞出售。又有所謂溶解性秘魯海鳥糞 (Dissolved Peruvian guano) 乃加稀硫酸使其中亞母尼亞變為硫酸銨，倘變為可溶性者。

表四十五 秘魯海鳥糞組

成百分數

第九章 有機氮質肥料

(圖解十一) 海鳥之繁殖及海鳥糞之產生





	水	分有	廢物	灰	分	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
普通品						四—八	一—二〇	一—三	
上品	一四·八	五一·四	三三·八	一三·〇	一三	二·六	一一·〇		

第四節 油餅類 (Oil Cakes)

油餅或稱油粕乃富於油分之種質，分離其油分之殘滓，其品質視原料如何而大相逕庭，即原料相同，而製法懸殊，品質亦因之而異，用舊式壓榨法者，油分率難除盡，若粉碎原料浸之於苯 (Benzene) 或二硫化炭 (Car-bon disulphide) 則油分甚少或全無矣，故用新式之浸出法所製得之油餅，比用壓榨法者，其價值頗大。普通油餅多係由壓榨法而製成者，尚含油分一〇% 內外。以為飼料頗有效，宜先使家畜食之，而後利用其排泄物，較為得策，然由浸出製得者油分殆已全除，直以之為肥料亦可。茲示大豆餅（黃豆，青豆，黑豆之三種原料）之養分量如下：

表四十六 豆餅成分與壓榨法

	舊式壓榨法	新法水壓法	藥品浸出法
氮	菜 五·八—六·九%	六·三—七·五%	六·七—七·五%
磷	酸 一·二—二·一	一·五—二·五	一·三—二·七
加里	平均一·二	一·二	一·二
殘留脂肪油	六·五—九·五	四·〇—七·六	一·五—三·〇

油餅富於有機物，依其發酵作用生碳酸及其他氣體變為腐植質，能使黏土膨軟。砂土增大其水分及養分之吸收力，以高其地溫，而有機物之一部溶解於水，又可助土壤細菌之繁殖。故油餅之肥料上效能既大，而又能間接改良土地之狀態。販賣肥料中，油餅佔重要位置，職是故也。

油餅分解之時，因發酵作用，生蟻酸 (Formic acid) 醋酸 (Acetic acid) 乳酸 (Lactic acid) 或害種子之發芽，或阻幼植物之生長。農家用此種肥料於苗床，往往致幼植物萎枯者，蓋由於發酵作用。而此弊害於油餅分解速時較小，緩慢時較大。故旱田比之水田，砂土比之黏土，其弊害大。欲去此弊害宜加多量之水於粉碎之油餅，或混入堆肥使其發酵腐敗而後施用，或於播種移植之前十餘日或數十日前施用之亦可。大豆餅每畝之用量平均在禾穀類約五十斤左右，特用作物約八十斤左右。

油餅概富於氮氣而貧於磷酸及加里。

表四十七 大豆餅油菜餅等之三要素平均含量

	有	機	物	氮	氣	(%)	磷	酸	( $P_2O_5$ )	加	里	( $K_2O$ )
大豆餅 (山東產)	—	—	—	六·二五	—	—	一·七九	—	—	—	—	一·四〇
大豆餅 (關東產)	—	—	—	六·四五	—	—	一·〇九	—	—	—	—	一·四九
油菜餅 (廣東產)	七九·〇四	—	—	七·〇二	—	—	一·五四	—	—	—	—	一·二〇
	—	—	—	五·三八	—	—	一·五七	—	—	—	—	一·四九

芝蔴餅 (山東產)	—	四·九〇	二·〇〇	〇·九二
花生餅	—	六·三九	一·一〇	一·九〇
棉實餅	—	五·六二	二·四九	〇·八五
茶實餅 (廣東產)	八一·一八	一·六四	〇·三二	〇·三九
椰子餅	八一·九七	三·七四	一·三〇	一·九六

由上表觀之，大豆餅、油菜餅等皆富於氮氣而乏於磷酸及加里，當施用時宜審察土宜，酌加磷酸及加里肥料，而與油餅合用之磷酸及加里肥料，就中性土壤而言，其合成反應以近乎中性或弱酸性為宜，過磷酸石灰及草木灰即適於此目的者也。

油餅除豆科植物外，對於一切作物皆為有效，油菜餅用之禾穀類、園藝作物、工藝作物者頗多，然其效果不及大豆餅之氮氣為有效，其效能之程度固視其用法、用量、氣候、土質、作物等頗有逕庭，而實足與人糞尿相伯仲。油餅之磷酸則概為有機物之形態，對於稻作其肥效不過水溶性磷酸三分之一。

表四十八 大豆餅及油菜餅之各種磷酸化化合物

	大豆餅	油菜餅
非汀 (Phytin) $[\text{OH} \cdot \text{OPO}(\text{OH})_2]_6$	〇·六四〇	〇·八七三

紐克林 (Nupeln) $(CaH_2Na_2P_2O_8)$	0.1134	0.1104
利浩新 (Laethin) $(CaH_2Na_2PO_8)$	0.114	0.091
可溶於五百倍之鹽酸者	0.050	0.050
全量	1.1111	1.1150

由上表觀之，可知大豆餅及油菜餅之磷酸，Phylin 居其大部分矣。而 Phylin 在土壤中易與鐵鉛石灰等結合變為不溶性之鹽類，故其效能遲緩，然將油餅打碎加水醱酵，置之數日間則 Phylin 分解變為有效性之無機磷酸。故自其磷酸利用上觀之，亦宜於施用前使之分解，油餅之種類頗多，而以大豆餅，油菜餅，花生餅，棉子餅為最重要。

大豆餅多係滿州產出，東北之出口貿易以豆為居首位，而其次位則為榨油後之豆餅。民國十八年海關貿易統計，全東北豆餅出口額二千三百四十餘萬擔，價值六千五百二十八萬七千七百兩。豆餅之銷售於日本為百分之六十，中國內地居第三，歐美及南洋次之。近年日本以農村困窮不勝經濟之負擔，多取廉價之硫酸銨，以代豆餅為肥料。而國內復因災禍頻仍，社會凋敝，遂使豆餅滯銷，東北油坊歸於停頓者不少。硫酸銨為化學肥料之一，有價格低廉，效果迅速，搬運輕便，合於衛生等優點，然以其為酸性肥料，損耗地力。聞日本農民本諸年來之經驗，已認為

仍以大豆餅爲適宜，對於東北之豆餅需要驟增，而油房亦漸呈蓬勃之象。我國近年因外商之傾銷硫酸銹，豆餅銷路爲之減少，爲防止施用不得當之流弊，及保護本國產業起見，應減輕豆餅進出口稅，及加重硫酸銹之入口稅，則豆餅不致過昂而利農民之使用矣。

第五節 糟粕類 (Refuses From Brewing and Others)

茲所稱糟粕類者，包括農產製造品之糟粕而言之者也。例如酒糟，醬油粕等是。此等糟粕類富於氮素，而於酒精飲料之糟爲尤然，蓋酒精飲料之製造目的在炭水化物類，纖維及含氮物 (Nitrogen Containing Materials) 多殘留於糟中，且不受變化之炭水化物亦混在其中，故宜以之爲家畜飼料，利用其糞尿較爲有利，若直接用爲肥料，則糟類腐敗頗緩，使用前宜先使之腐熟。

表四十九 各種新鮮糟粕類之成分

	水	分有	機	物	氮	氣	磷	酸	加	里
燒酒糟	九九·六〇		三八·五〇		一·九八		—			—
醬油渣	五三·六〇		三九·六七		二·〇二		〇·二三			〇·八八
豆腐渣	八五·七〇		一三·八〇		〇·六八		〇·一二			〇·一七
麥酒糟	七六·六〇		二二·四〇		〇·七八		〇·三九			〇·〇四

參考文獻

- 一 民國三年至九年度廣東省地方農林試驗場化學驗課第五次報告書
- 二 川瀨惣次郎 肥料學 一七六至二二四頁又二九一至三三〇頁

## 第十章 無機氮質肥料 (Inorganic Nitrogenous Fertilizers) (11:13)

人造肥料係無機質肥料，在東西各國已施用甚久，而我國近年始佔重要位置。僅廣東一省，每年輸入已值千餘萬元，其增進誠為可驚。（廿年度廣州商品檢局統計）此種肥料易溶於水，奏效甚速，與動植物質肥料，全異其性能；且其有效成分極濃厚，而又為粉狀，故便於搬運貯藏及施用。然人造肥料大抵組成單純，而三要素俱備者甚少。農家未解其施用法，以致結果不良者，往往有之。又人造肥料除磷酸肥料外，大抵於土中易致流失，倘施用法不得其宜，難得相當結果，故施用之時，宜知性質成分及含有量，若善為選擇配合，則有利無弊矣，茲先就氮質肥料言之：

### 第一節 智利硝或硝酸鈉 (Nitrate of Soda)

#### (一) 產地及製法 (Location and preparation)

智利硝 (Chile saltpeter) 即硝酸鈉 (Sodium Nitrate) 自南美智利國之 Thyspaca, Atopocos, Oshama 等地方之原礦精製而成，故有智利硝之稱。其原礦頗不純，含有砂，石膏，硫酸鈉，氯化鉀，硫酸鉀等雜質。硝酸鈉之含量為四七—六〇%，約含氮三一—一〇%，採掘而溶於水，使再結晶，所得精製品，約含硝酸鈉九五%，含氮一五·五

%, 卽智利硝之普通品也。以現在每年採掘額平均爲二百萬噸, 尙可供給今後百餘年之使用云。

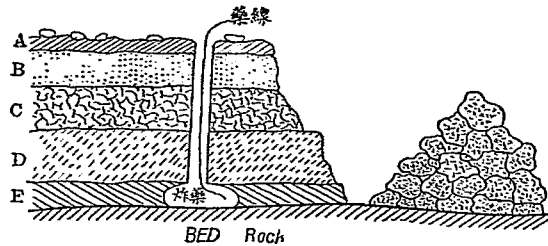
據克拉米息夫 (W. Karminshoff) 之報告, 我國

「甘肅北部之全部直至黃河爲止。此地地質之構造與智利相同。甘肅硝層與智利一樣, 在石膏層之下, 有幾處石膏變成硬石膏。硝層之厚薄不一致, 平均厚度亦不易言。硝量估計約百分之三十五, 與智利最高百分率之硝石相當。迄今尙無有以工業方法經營之者。此礦產僅爲當地人民用作肥料, 世界市場上硝之價格甚高, 需要亦甚大, 而智利硝之產量將盡, 甘肅硝質量不減於智利, 將見取智利硝之地位而代之」(七)云。華北雨量稀少, 以理推之當屬可能, 果爾應卽從事開發。

硝酸鈉除智利國天然產者之外, 近時亦有人工製者。卽製硝酸時所剩餘之  $\text{NO}_2$  爲酸塔所不能吸收者, 卽通入鹼塔, 用碳酸鈉濃液吸收之。塔中排出之液, 含重

碳酸鈉 (Sodium bicarbonate) 一·五% 亞硝酸鈉 (Sodium nitrite) 三〇·五% 硝酸鈉 (Sodium nitrate)

(圖解十二) 智利硝礦層解剖及轟炸圖



- (A) 表層灰白色, 疏鬆土質混有沙及黏土, 表面有大石塊。
- (B) 不溶性之硬層自碳酸鹽, 黏土及石礫。
- (C) 與 B 層相同, 含有少量之硝酸鈉。
- (D) 硝酸鈉層約含五〇%
- (E) 石礫與黏土之厚層, 開掘時於此層置炸藥使其炸開。



三·五%。再加入硝酸使亞硝酸鈉及炭酸鈉悉變為硝酸鈉，然後使之結晶。  
 硝酸鈉可用亞母尼亞及炭酸鈉製成，亞母尼亞先氧化為硝酸，再與炭酸鈉起作用，即成硝酸鈉。

(11) 生成之學說 (Theories)

智利硝之原礦名加力克 (Caliche)，其生成之由來，學說甚多，有謂由於海鳥糞及尸體之聚集而成者，有謂成於海藻者，蓋海藻均含有磷質，Caliche 礦中亦有磷之遺跡。高斯 (Gauthier) 氏，反對此說，因火山噴出物中亦有磷質，主張 Caliche 係火山生成物。司徒拉砂 (Stochman) 氏亦以是說較為可信，蓋無盡藏之硝酸鹽，絕難由動植物質變化而來。其產物不具有放射作用 (Radioactivity)。智利之火山甚多，其熔岩中含有多量之氯化

(圖十三) 智利硝礦區工作後之開採情形



銹、及磷、氮、鉀等，故確信其爲火山噴出物，經硝化作用而成者。(1)

(三) 智利硝之性質 (Properties)

智利硝之氮氣，其效能常優於其他人造肥料之氮氣，能增加糖蘿蔔之糖質，司徒拉砂 (Stochlassa) 氏謂係碘化物之刺激作用。劉 (Low) 氏亦以爲微量之碘質，爲玉蜀黍所必要。邦未特斯坦 (Bohn Winterstein) 氏則反對碘質存在者不過偶然之事。范非任及伊勒 (Van Folken and H. Eguer) 氏解釋天然硝酸鹽之所以較優，由於一種放射作用 (Radioactivity)，因有微量之鐳質 (Radium) 也。(2)

精製之硝酸鈉，亦含有多少之不純粹物質。用之於肥料者，大約含 0.5—1.5% 氯化鈉，及極少量硫酸鉀等，此外往往含有六—七% 過氯酸鈉 (Sodium Perchlorate)，對植物在一% 以上即爲有害，但近年製造技術之進步，有過氯酸鈉存量足以爲害者，甚屬罕聞云。(3)

智利硝有黃櫻、灰白、微紅、諸色。極易溶解於水，頗富於吸濕，一經貯藏則變爲硬塊。因此配合肥料之時，或施用之前宜再行粉碎。貯藏所務宜選擇乾燥地方，或置於瓦器內，不然因吸濕而變爲液體者有之。其中氮氣爲硝酸態，最適於植物之吸收。其效速，然土壤不能吸收之，是其特性。施用時宜分數次施之，若一時用量過多，其一部隨雨水或灌溉水流逸，或滲入地下水而去，損失實多。

智利硝用之旱田肥效極著，優於硫酸銹。而以之爲稻田肥料，其效果頗劣。其所以不宜爲水田肥料者，(a) 由於灌溉水流去其氮氣，(b) 由於硝酸還元作用 (Denitrification) 發散其氮氣，(c) 由於硝酸還元作用

時，所生成之亞硝酸鹽爲有害作用。若以有機質肥料與智利硝合用之水田，則硝酸菌之繁殖益盛，損失之氮氣及亞硝酸鹽之有害作用愈以著，故其肥效大減云。

然智利硝石亦有惡變土性之力，能使土地變爲緻密，且作用於土壤之不溶解性加里及磷酸，使其變爲溶解性。在黏重土地，智利硝使土地固結板滯。用於酸性土則有改良土性之益。

#### (四) 施用法 (Application)

(a) 智利硝之用量每畝約六斤至二十五斤，多至三十餘斤亦有之，依目的而定。施用時務必注意者，乾燥之粉末勿接觸幼嫩莖葉，不然即被燒損枯死。盛硝酸鈉之袋，不宜置於潤溼之地，亦不可與種子接觸。施用期宜於早春。可以使土壤疏鬆禾穀類得多數分蘖。反之施用過遲，僅助已經分蘖之莖葉繁茂而已。

(b) 智利硝本爲中性鹽，然其氮氣爲植物所吸收，或爲微生物所利用者，較鈉爲多。故用量過多，或連用之，則鈉集積於土壤，呈鹽基性反應，植物生育因以阻害。欲防此弊，就中性土壤而言，當以酸性肥料與之配合爲宜。如過磷酸石灰及硫酸鉀，其反應皆爲酸性，最好與智利硝共施之。

(c) 智利硝不宜與其他肥料配合，蓋富於吸濕性，混之於他肥料，漸次吸收濕氣，因以固結，施用上諸多窒礙也。如與過磷酸石灰等混合，宜即施用，不然長久放置，不但固結成塊，其氮氣亦漸次揮散而遭損失也。又不可與植物性有機肥料混用，不得已時亦只宜選擇十分腐熟者，免引起硝化還元作用也。

## 第二節 硫酸銨 (Sulphate of Ammonia or Ammonium Sulphate)

硫酸銨爲商品肥料 (Commercial fertilizers) 首先輸入我國者，現時之所謂肥田粉或肥田料，大都指此而言，因其輸入佔人造肥料 (Artificial fertilizers) 中百分之九十以上皆爲硫酸銨也。

查民國十三年海關報告，硫酸銨一項之輸入，全國不過二八四、五七八擔，值關銀一七八、三〇三兩，而民國二十年已增至二、三〇四、二六九擔，值關銀一三、二八二、三五六兩，每年平均增百分之五十，七年之後竟達進口總數之七十餘倍，實可驚人。同時每年我國米、麥、麩粉，三項糧食之輸入已達二萬萬餘兩，在全國農業衰落之呼聲中，又添此筆巨額肥料費之漏卮，縱無敵國外患，如不蒙自給自足之道，農村經濟亦將破產也。

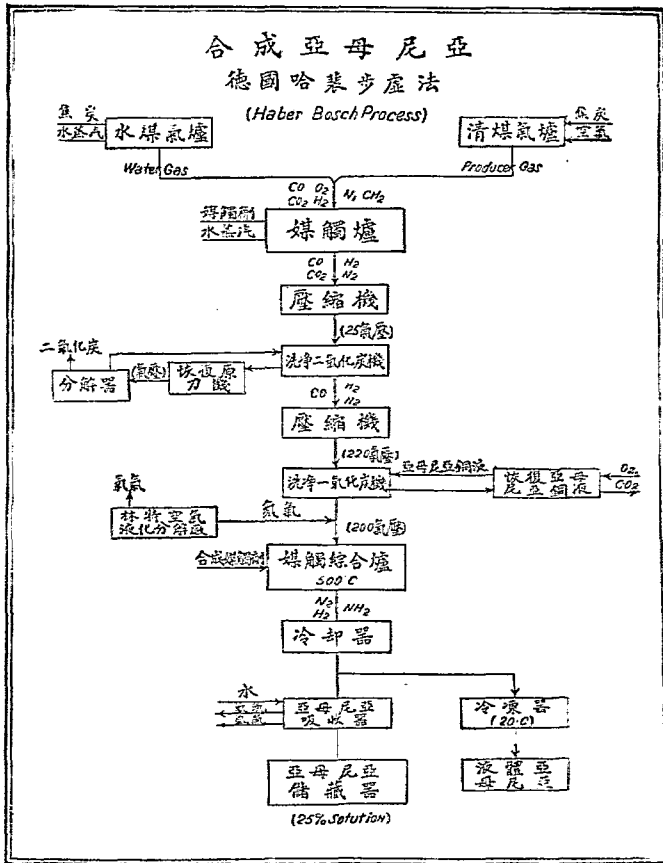
### (一) 製造法

往昔硫酸銨爲製造煤氣 (Coal gas) 或其他石炭工業之副產物，自赫柏 (Thabor) 氏利用空中氮合成法成功以來，得以廉價製造，產額亦逐年增加，茲述各種方法之大要如次：(九)

(a) 由煤炭工業而得之副產物 (By-product ammonia from coking industry)

煤炭內所含之氮氣約百分之一·五—二·〇，當燒薰煤炭以製造煤氣或焦炭時，其氣體內所含之亞母尼亞，使溶於洗滌煤氣之水，再蒸溜而入於硫酸，蒸發，由遠心機除去酸性之母液，乾燥，即得結晶。色白，黃，紅，灰，依脫色之程度而異。

(圖解十四) 亞母尼亞合成程序圖

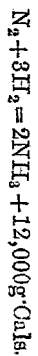


應  
料  
學

(b) 由亞母尼亞合成者 (Synthetic product from ammonia)

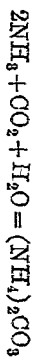
一九一三年德國用哈麥步盧 (Haber Bosch) 將空中氮氣與氫氣直接化合而成亞母尼亞，首先大規模開始製造。氮氣直接化合時所用之觸媒雖祕密不詳，大約不外氧化鐵及少許之鋁與鉀，經各國之研究改良，已成爲現代最新式之法。

在此法所用之溫度爲 200-700°C，壓力 300-20000 壓力愈高合成銜之分數愈多，然固定每噸氮氣不過需要二分之一馬力。故得以廉價出產 (10)。其經濟上問題不在馬力，而在有廉價氫氣之供給。現時有分解水者，有由水煤氣者 (Water gas)，有利用煉焦煤氣者之三種方法。



據上式一分子氮與三分子氫化合而得兩分子亞母尼亞，同時放出多量之熱，但溫度愈高，生成之亞母尼亞愈少，故不能不設法除去所放之熱，在有良好之接觸時，雖 500°C 左右亦無大礙。

製得之亞母尼亞用稀硫酸吸收即爲硫酸銜。然硫酸價值較貴。新式方法已改用含水石膏或無水石膏。將石膏磨細成粉加水攪拌，同時通入亞母尼亞氣體，及二氧化碳，先成碳酸銜，再與硫酸鈣（石膏）起作用，得硫酸鈣沈澱及硫酸銜溶液，其變化如下：



濾去碳酸鈣，將液蒸濃使硫酸銨結晶分出，用離心機去其大部分之水分，烘乾即得。

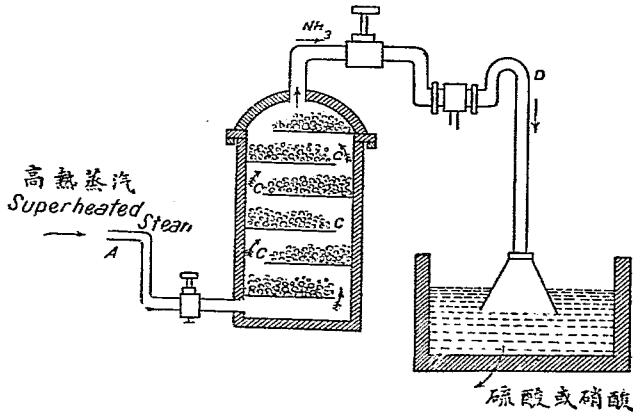
(C) 氰氨基化鈣合成法 (Cyanamide process)

氰氨基化鈣或稱石灰氮 (Lime-nitrogen) 依第十五圖之裝置將氰氨基化鈣冷卻後磨細滿置 c, c 等處，通以高溫之水蒸氣由 A 管射入，遂漸生亞母尼亞，經 D 管為硫酸所吸收，即成硫酸銨。

(二) 性質及效用

硫酸銨之純粹為白色結晶，含氮氣二一·二%，然以之為肥料者概為不純物，約含氮氣二〇·五% 色澤灰，黑，黃，紅，藍，之硫酸銨，由於少量不純物之存在，通常含有硫氰酸鹽 (Thiocyanate) 及氰化鐵 (Ferrocyanid) 等。如含量稍多，對於植物呈有害作用。惟據路島 (Rhode Island) 農事試驗場之報告，普通硫酸銨所含之氰酸鹽，其量甚少，對於農作物無甚影響云。檢驗氰酸鹽之有無，可以氰化第二鐵 (Ferric chlorid) 於供試液，如現血紅色即其存在之證。又硫酸銨完

(圖解十五) 由氰氨基化鈣製亞母尼亞之裝置



全溶解於水，如供試品有不溶解者，乃混有土砂或其他夾雜物之證。效力甚速，易為土壤所吸收。有此特性不惟宜於旱田，即用之水田亦有效，流失之機會少。然接觸於石灰質及鹼性物，例如石灰、草木灰、碳酸鉀等，易分解，而揮發其亞母尼亞，不可不注意。倘欲與此等肥料共同施用時，宜隔數日分別用之。

硫酸銹易為土壤吸收者，蓋施後亞母尼亞與土壤中沸石物 (Zeolite) 及有機酸鹽類化合，此種狀態不易被水洗去，卻硝化甚速，故用之普通土壤靡不顯其效能，<sup>iii</sup>於黏土尤甚。但砂土最乏吸收力。宜避而勿用，富於石灰質之土壤，以分施為得策，一時多用則有損失氮氣之虞。

硫酸銹在輸入人造肥料中約佔十分之九，我國農民之知識淺薄，施用不得法，故弊害時聞，茲解釋其原因如下：(六)

(a) 因其殘餘之硫酸與土中石灰質及鹽基交換作用 (Base exchange) 促石灰質之流失，土壤酸度愈增。大凡豆科作物及蔬菜作物所受影響最速，石灰之施用為不可少之條件。

(b) 硫酸銹有促進磷酸及加里分解之效，如單獨施用多量之硫酸銹，土壤中鈣、鎂、鈉等亦被置換而由排水流失，不但損耗地力，而物理性質亦以惡變。此所以施用之初，尚覺出產豐富，數年後漸呈不良結果也。

(c) 在春季施用多量之硫酸銹，在冬季由土壤中而損失之硝酸鹽亦多。證之阿克及佛克蘭氏 (Volckar, Frankland) 之試驗，每英畝地用六〇〇磅硫酸銹，硝酸鹽狀態之氮氣損失（每英畝每英寸之雨水）為十八磅，無怪土地之日趨瘠薄也。



(d) 據赫銳 (Dehnerin) 氏之說，含石灰質不甚多之土壤，如硫酸銨施用之後，繼以旱燥天氣，數日之後，理學性質即大受影響，經過長期時間方可恢復原狀。因此之故，赫銳 (Dehnerin) 氏主張硫酸銨之施用，以限於黏土為原則，每英畝用量多至一四〇至一七五磅（每中畝二十三斤至二十九斤之譜）亦無大害，吾人於此可以推知，而加以注意矣。

(e) 硫酸銨中之亞母尼亞，可以少量被植物吸收而入於植體，使蛋白質凝固而傷害其生命。據何少時，亞賽乎，米依 (Hosgus, Adolf, Mayer) 諸氏之研究，一般植物所用之氮氣，皆為硝酸鹽之狀態，然在某種情形之下，硝化作用停止，亦有能全利用亞母尼亞態氮而無害者。

(f) 因長久施用硫酸銨，土壤酸度增加，有益細菌不能繁殖，不利植物根部之發育，助雜草之叢生。施用石灰雖可中和酸性，而所生硫酸鈣足以使土壤變硬。

(g) 因單用硫酸銨之氮氣肥料，使植物徒茂莖葉，成熟期晚，減少種實出產量。

### (三) 硫酸銨之施用法

(a) 硫酸銨所含之氮素較之硝酸態氮氣易被土壤吸收，施之於旱田經硝化作用亦變為硝酸態，不免有流失之虞，故在植物生長期間分為數次施用為得策。

(b) 硫酸銨不可單獨施用，因其僅含有氮氣成分，欲其效充分發揮，必須與磷鉀二質之肥料配合施用。

(c) 硫酸銨係生理的酸性肥料，如連年施用，使土壤酸性增加，不適於植物之生長，在施用前或施用後數

日，宜酌施石灰若干斤，以中和其酸性。據之實驗依施用量每氮氣一磅加五磅之生石灰 (CaO) 即可防除其酸  
性 (四)。施用廐肥亦可減少其弊害云。

(d) 硫酸銨不可直接與鹼性肥料配合或共同施用，如石灰、草木灰、湯馬斯燐肥等，否則有損失亞母尼亞  
之虞。

(e) 硫酸銨濃厚而容積小，宜混合乾土以增大容積或溶解於水，大約每一斤至少一擔之水，每畝用十斤  
至四十斤，依土質及作物而定。

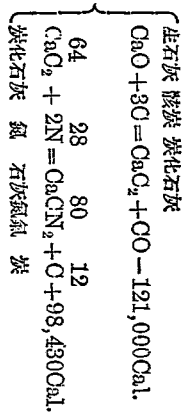
(f) 硫酸銨係完全無機質肥料，須注意土中有機質之增加，常與堆肥、廐肥、豆餅等有機質肥料並用。以有  
機質肥料為主，以硫酸銨為補助肥料可也。若單用則土壤理學性質有漸次惡變趨勢，終至乾則板滯難耕，濕則泥  
濘黏軟，排水不良諸種現象。

### 第三節 石灰氮氣 (或稱氰氨基化鈣 *Limbo-Nitrogen or Calcium Cyanamide*)

#### (一) 製造法 (*Preparing method*)

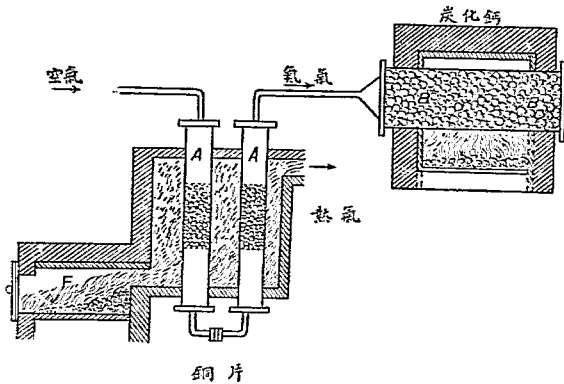
利用空氣中之氮氣以製造肥料，為科學家之理想，因其費用過鉅鮮有製造者。自電氣工業進步，能以極少之  
費用，發生多量之電氣，於是有一種之氮氣肥料自空氣中製出，石灰氮氣即其一也。Nitrolime, Nitrolim, Kalk-  
alkoholoff 等皆其別名。其製法在先置炭化石灰粉末 (*Calcium carbide powder*) 於特製之爐中，強熱至攝

氏一千度以上。一面將液體氮氣（從空氣中製得）送入，遂結合而變為 Calcium cyanamide，所謂石灰氮氣是也。合成之石灰氮氣由電爐取出係一種硬塊，放冷，磨細，露於空氣中若干時間，即可包裝成爲商品矣。述其化學變化如下：



就此理論上的反應，六十四斤炭化石灰可以化合二十八斤之氮氣，而產生八十斤之石灰氮氣及十二斤之炭素。此種混合物含有約三〇%化合態氮氣。但實際上氮氣與炭化石灰之化合，不能如是完全；又炭化石灰常有不純物質，大部分爲氧化鈣，鐵質，硝酸等，又有炭質隨之而混合其間，通常呈灰黑色。有此種種原因，普通氮氣石灰只有氮氣約一八%內外。最近美國石灰氮氣公司利用蘭阿格瀑布 (Niagara Falls) 之製品其氮氣量達二二%，又含七〇%之氫氧化

(圖解十六) 製氮氣基化鈣之裝置

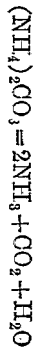
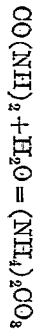
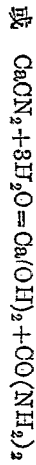
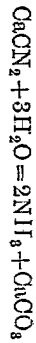


- B. B. 爲鋼鐵製圓筒，中盛研碎之炭化鈣
- F 爐 1000°C
- A. A. 內貯鋼片

成粒鈣狀，易於施用，不致如舊時粉狀者之易於飛揚云。

(二) 性質及效用 (Properties and Availability)

氮氣石灰之主要成分爲 (Cyanamide) 狀態之氮氣，植物不能利用，本有害於植物，然施用此等肥料於普通耕地，具適當之水分，因細菌作用，可變爲亞母尼亞及碳酸鈣，或尿素與氫氧化鈣。



亞母尼亞再經硝化作用，變爲硝酸鹽遂得爲植物利用，然變化之遲速因用量，氣候，土質等而有不同，其用量過多時，土壤中液失之濃厚，阻礙細菌之作用，故宜節其用量，使土壤中溶液得以稀薄，據魏格勒 (Wiegner) 氏之試驗成績，此變化速於壤土，緩於砂土，且較尿素變爲亞母尼亞頗遲緩。又速於夏季緩於冬季，水分過多往往有乙炔  $\text{C}_2\text{H}_2$  之氣體生出，對於植物爲有害。

據美國阿耳班麻農事試驗場 (Alabama Agriculture Experiment Station) 之報告：某試驗地分爲若干區，每區除氮素之形態不同外，其餘一切皆相同。各區所用氮每年每英畝爲氮素二二·五磅。供給此分量之氮素，計用石灰氮氣一〇二磅，硫酸銨一一〇磅，硝酸鈉一五〇磅。繼續二十年後，又栽培大豆 (Soybean)，豇豆 (Cowpea)，

(圖牌十七) 氮氣肥料之製造



(A) American Cyanamid Company Plant at Niagara Falls.



(B) Caletem Nitrate Plant, Oppau, Germany

A. 美國 不列顛 布地方之美國 製 廠 (Cyanamide) 公司 製 造 場

B. 德國 阿 拉 地方之硝 酸 製 造 場

肥料學  
高梁 (Sorghum), 玉蜀黍 (Corn), 蘇丹草 (Sudan Grass) 依此次序經過三年期間, 其產量如下。

每年平均作物產量 (二十年後之三年平均)	
氮氣來源	每英畝產量 (磅)
石灰氮氣 (Ae-o-Gyanimid)	二,二五九
硫酸銨 (Sulphate of Ammonia)	五五九
硝酸鈉 (Nitrate of Soda)	一,六三九
無氮 (No Nitrogen)	一,一〇〇

此種優異之效果,或係由於石灰氮氣有中和酸性,防止硝酸鹽類之流失,改良酸性土之物理性有以致之,亦未可知。

(三) 石灰氮氣之施用法 (Application)

- (a) 石灰氮氣不可接觸種子或幼植物,故不可用於播種或移植之際。如每英畝用一〇〇磅(或中畝用一五磅)至少須隔三天,如用三〇〇磅時,非九天不可。施後立刻鋤入土中,勿與日光接觸。
- (b) 石灰氮氣之用量大約每英畝一〇〇—一五〇磅,或每中畝一五—二二磅。經變化後,不如硝酸鹽類之易於流失,故一次施下亦無礙。切忌施於乾燥土地。
- (c) 宜與廢肥或堆肥併用,蓋繁殖於此等肥料之土壤細菌,既助石灰氮氣之分解,其石灰亦能促廢肥或堆肥之分解故也。

(d) 不宜用之於砂土，及腐植土，蓋在是等土壤亞母尼亞之生成頗緩，且易生二氫胺(Dicyanid-amine)  $(\text{CNNH}_2)_2$ ，於低溫多水或與炭酸腐植酸接觸時，亦易生產(Dicyanid-amine)，此物對於植物爲有害。欲用之於砂土宜先增進土中有機質之含量與土壤之養分吸收力，並俟雨後而用之。欲用之於腐植土時，宜先施以適量之石灰，中和腐植酸，並促細菌之繁殖。如每畝用十五磅至少一星期後方可播種。

(e) 石灰氮氣濃厚而容積小，施用時宜混以數倍之乾土粉末，而於旱田先掘土深至二三寸，加入石灰氮氣，上覆以土。於水田則宜先行布此混合物而攪拌之，排水後撒之，不可使之露出地表，蓋易揮散所生成之亞母尼亞也。

(f) 如用石灰氮氣爲追肥時，玉蜀黍高約八寸，棉花具幼葉七—八片，初次中耕之時，施於行間，注意勿沾染幼葉，耙入土中亦甚安全。

(g) 不宜與他種肥料配合，(1) 閱時稍久必至固結，(2) 與亞母尼亞態氮氣肥料配合則揮散其氮氣，(3) 與過磷酸石灰配合，則減其磷酸之溶解度。

(h) 石灰氮氣若用之得宜，其效果頗速，足與硝酸銨相伯仲。魏格蘭(Wagner)，謂石灰氮氣之肥效對硝酸銨一〇〇爲九五云。

(i) 此物遇水則發熱，並有乙烯  $\text{C}_2\text{H}_4$  及  $\text{NH}_3$  之氣體發出，且其中所含  $\text{CN}$  亦易散失。民國八年廣東省地方農林試驗場之結果，用石灰氮氣五十分與田坭等混合置入闊口玻璃瓶內，在日光下七日，損失五七·九

八九%其不與田坭而與水一千份混合者，十日後損失氮氣六五·六二一%，其不晒於日光者為一四·五二二%，尚不至失之太甚云。

第四節 硝酸鈣或硝酸石灰 (Calcium Nitrate or Lime Nitrate)

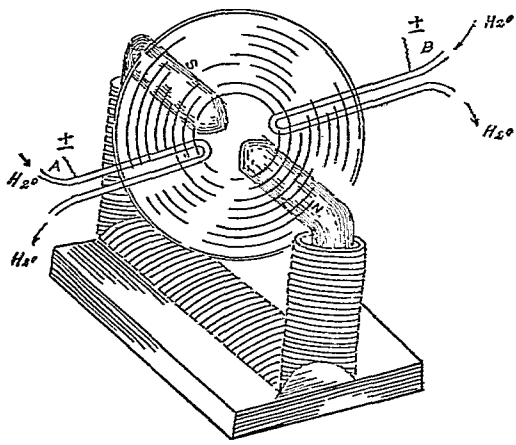
(一) 硝酸石灰之製造法

利用電力自空氣中製出硝酸之方法經多年之研究，至洛夫階及布得列 (Lofjoy and Bradleg) 兩氏而始獲完全之結果。一九〇五年那威勒次登 (Narsalden) 依柏克埃得 (Birkeland-Eyde) 之法，設立工場，遂產生廉價之硝酸石灰，故有那威硝之名。

其製法之要點，在強熱空氣使變硝酸，次加以石灰，依第二十圖先

(圖 解 十 八)

柏克埃得 (Birkeland-Eyde) 電爐之電極

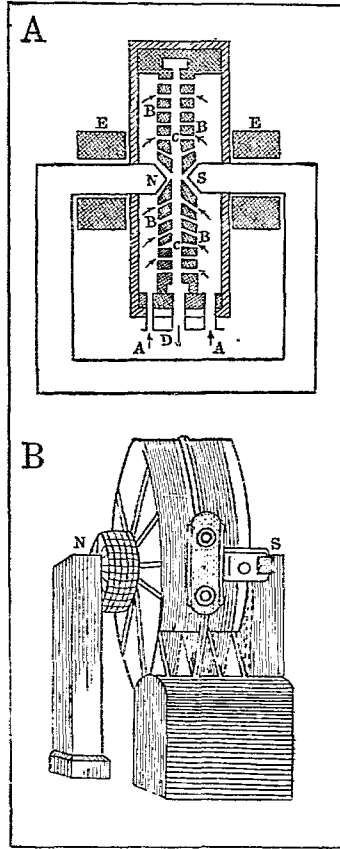


- A. B. 流動的水，以保持其冷度，通以高壓之交流電約為 5000 Volt。
- A. B. 之間發生電弧。
- N. S. 極強電磁石，引成環形火爐。



以風扇機送入空氣於電爐之內，使接觸攝氏三〇〇〇—五〇〇〇度之弧光燄 (a broadend flame)，其空氣中之氧氣與氮氣結合而為無色之氧化氮 (Oxide of Nitrogen)，此種電爐用交流電 (Alternating current) 電壓 (Voltage) 約五千左右，弧光燄直徑六尺，每分鐘送入二六九四方尺之空氣，如此合成之氧化氮不過百分之一，乃導氧化氮入兩個之氧化室 (Oxidizing Chamber)，使由空氣中吸取氧氣變為過氧化氮氣體 (Nitrogen

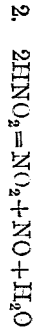
(圖解十九)  
柏克崗埃得電爐之外觀與內容



- (A) 電爐之橫切面(空氣由 A. A. 等口進，沿 B. B. 等孔隙通過，電火依 e. c. 環形放射，燃燒之氣經 D 口出，E. E. 為起磁圈。)
- (B) 電爐之外觀。

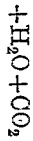
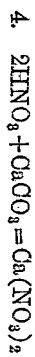
dioxide)。此時氧化氮與空氣之混合氣體，若逐漸冷卻，則氧化氮不但難變為過氧化氮，且將分解再還於空中，故宜速冷卻之。所以氧化室所生成之過氧化氮順次導入五個之吸收塔，使與水滴接觸，變為硝酸液。此際化學變化有如次式所示：先自過氧化氮與水生硝酸及亞硝酸，其亞硝酸分解而為過氧化氮與氧化氮，其氧化氮更接觸混

合氣中之空氣變為過氧，化氮而因第三式所生成之過氧化氮，接觸水滴，再如第一式所示變為硝酸及亞硝酸。



如此所生之硝酸，加以石灰粉末中和之，使其變為

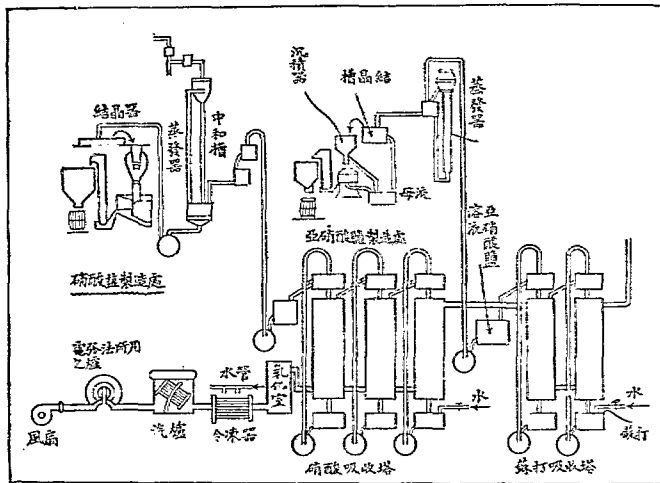
硝酸石灰。



(一) 硝酸石灰之性質

依以上之方法所製造之硝酸石灰，色淡褐，粒粗大，中性，含有氮氣一二·六至一三·二%，及石灰二五至二七%。富於吸濕性，含水分太多，雖置手中亦見溶解。故必與泥炭或土壤拌和而後可用，此其缺點。為補救此缺點更加多量石灰，使變為乾燥性再粉碎之，即所謂鹼性

(圖解二十) 製造硝酸及硝酸鹽類裝置全圖



硝酸石灰者是也。但容量增加，只含氮氣一·七%，故以每單位氮氣 (Per unit of nitrogen) 論，運費爲之增加不少。亦有半經乾燥者，含氮氣一七%。

硝酸石灰及鹼性硝酸石灰，其氮氣皆成硝酸態，與智利硝之氮氣同。其效速，適於植物之吸收，然土壤殆不能吸收，故易爲雨水及灌溉水所流失，且往往夾雜有害植物之亞硝酸鹽，但含多量石灰，以之施用於花崗巖，砂巖，頁巖等土壤甚爲適宜，蓋此等土壤常缺乏石灰質易爲酸性，有改良土性之效，與硫酸銨之功用適反。用之石灰質土壤，或非酸性之土壤效力較遜云。今將關於施用硝酸石灰之注意事項列記於下：

### (三) 硝酸石灰之施用法

- (a) 用於中性土壤，當與酸性之加里及磷酸肥料配合爲宜。
- (b) 硝酸石灰爲速效性肥料，其效能殆與智利硝相伯仲。
- (c) 硝酸石灰宜分數回分施之，因其易溶於水，而土壤不能吸收，易致流失，不宜用爲水田肥料。
- (d) 不宜與多量有機質肥料併用，因還元作用，生有害物之亞硝酸鹽，或生成游離氮氣而損失氮氣之一部分也。
- (e) 用之於禾穀類蔬菜類及其他需葉作物最爲有效。

## 第五節 其他固定氮素肥料 (11·11)

固定空氣中氮氣以作肥料，除前述之硫酸銨，硝酸鈣，石灰氮氣諸種之外，尚有種種新穎之肥料，戰爭之時此等氮氣化合物可一變而為炸藥之原料，故無論農業上或國防上，氮氣工業皆為急不容緩之圖，茲舉最近之幾種新肥料如次：

(1) 尿素 (Urea)

尿素本係動物身體中之一種排泄物。人工尿素係由亞母尼亞製成，或以氰化物 (Cyanide) 與碳酸氣 (CO<sub>2</sub>) 作用而得。此物於一九二四年起始大規模製造。據之農事試驗，尿素中氮氣之效能與硫酸銨不相上下。易為土壤所吸收，流失之機會少，又與硫酸銨相似，而其濃厚則遠過之，含氮四五—八%。因其含有氮氣量最高，容積小，故運費省，尤以交通不便之處為然。

(2) 氯化銨 (Ammonium Chloride)

氯化銨為固定氮素肥料中最價廉之產物，即不通亞母尼亞於硫酸而通於鹽酸者也。雖所含氮氣超過硫酸銨 (氮二六%)，因其氯化物之存在而受限制，目前用途不廣。

(3) 硝酸銨 (Ammonium nitrate)

硝酸銨含氮三五%，因其價昂，富於吸濕性及爆炸性，故用為肥料者甚少。

(4) 路那硝 (Lemasulphate)

路那硝或硫硝酸銨 (Ammonium sulphate nitrate) 是硫酸銨與硝酸之複鹽，二者依分子量比例混合

而成。此複鹽之吸濕性低於硝酸銦。普通市場所售之路那硝含有氮二八%，其中四分之三為銦之狀態。四分之一為硝酸態氮。

(15) 白堊硝 (Nitrochalk)

Nitrochalk 係英國合成銦硝公司 (Synthetic Ammonia Nitrates, Ltd.) 所製造之新氮質肥料，由乃垂吾公司 (Nirram Ltd.) 經理販賣者也。其成為白堊 (Chalk) 與硝酸銦二者混合密切而成粉末狀，品質因氮氣與白堊含率之不同，約可分為二種，一係含氮一五·五%，白堊五二%，專供輸出，一係含氮一〇%，白堊六六%，專供內地用；而其氮之形態則半為亞母尼亞態，半為硝酸態，包裝用耐水性袋，故在袋中，無論何時，得常保持乾燥狀態，製品因係粉末，以手或機械在圃場散布，均極便利。

據 Nirram Ltd. 試驗場場長裴及 (H. G. Pairo) 氏對於此肥料之報告如次：

Nitrochalk 施用最適當之土壤，為酸性或因硫酸銦連用而成之酸性之土壤，且不如施用硫酸銦時有加施石灰之必要。其所含氮為亞母尼亞態與硝酸態，故以一種肥料兼備硫酸銦，硝酸鈉，硝酸鈣之長處，而可免除其缺點，實為可貴。

此肥料之試驗，英格蘭，蘇格蘭，愛爾蘭各地，就各種之土壤作物所實行者，約二百種以上，其結果均認其對於農作為最有效之肥料云。

參考文獻

- I Stochlassu. J.: Ueber die Ursprung des Salpeters in Chile Chemiker Zeitung, Vol. XLVIII, No. 1, p. 4. Coblen, (1924)
- II Von Feltzen and H. Egner : Wird die Dungerwirkung um Chile Salpeters beeinflusst? Chemiker Zeitung, Year 45, No. 50 pp. 325-326. Coblen, (1924)
- III Wheeler : Mannros and Fertilizers, P. 136 Macmillan Co. (1928)
- IV American Fertilizer, 1932, P. 28 No. 2
- V 世界指南 農業叢書 111 四—115 六頁
- VI Wheeler : Mannros and Fertilizers. pp. 147-160 (1924)
- VII W. Karamisheff 華田田田誌 中國西北地之經濟狀況 商務印書館 實業叢書 民國二十二年六月
- VIII Alabama Experiment Station Circular No. 58.
- IX 陳調甫 人造氮素肥料 工業中心 氮氣工業專號 一八八一—一九九頁 民國二十二年八月
- X Firman B. Bear : Theory and Practice in the Use of Fertilizers, P. 134 (1929)
- XI Herbert Garo : Fertilizarse Their Sources, Manufacture and Uses, London Sir Isaac, Pitman & Sons, Ltd. pp. 57-60
- XII Artificial Fertilizers; Ministry of Agriculture and Fisheries, Bulletin No. 28. London.

肥料學

120

1933

十三 | S. Howe Collins : Chemical Fertilizers, Industrial and Chemical Series, Baillière  
Tindall and Cox, 1920

## 第十一章 天然磷質肥料 (Nature Phosphatic Fertilizers)

### 第一節 獸骨 (Bone as Fertilizer)

知磷爲植物之養料，不知始自何時，施用磷酸鹽以爲肥料者，始於何代，雖未知其詳，而據多數之記錄，施磷酸鹽以骨爲嚙矢。漢汜勝之書載：「剉馬骨牛羊豬麋鹿骨一斗，以雪水三斗煮之，三沸取汁以漬附子……若無骨，煮蠶蛹汁和漚以漚種，大旱澆之，其收至百石以上。」可知漢時農家已知用骨肥，不過方法不良耳。

在一六五三年英國最初見用骨爲肥料之記載，但以骨爲肥料者，早已知之。一七七八年有碎骨機之使用。一八一五年英國從歐洲大陸每年輸入量已達三萬噸。據李璧熙 (Nichols) 之說，當時之古戰場如利卜日 (Leipzig) 及克銳米 (Crimea) 等地方均經搜索，以求人骨之獲得，可見磷肥需求之情形。又赫登 (Leiden) 謂德國以骨爲肥料不過一八五五至一八八五年之事。英國骨之需要直至磷鐵發見後，始漸次減少，然至一九〇七年輸入量又增至四六二五噸云。(三)

骨之成分因動物之種類，年齡，部分等而異。無機物之主成分爲脂肪及骨素 (Osein) 等。骨素乾燥時約含氮素 17%，骨肥之所以富於磷酸及氮質者職是故也。



茲據毛力格 (Muller) 之分析, 示動物骨之平均成分 (新鮮) 如下: (二)

水分 6.7% .....

有機物 40.0%  
 { 脂肪 ..... 14.6%  
   骨素 ..... 25.4 = 4.0%

{ 磷酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 22.3 = 48.7% 磷酸三鈣

灰分 53.3%  
 { 石灰 (CaO) 29.2%

{ 鎂氧等 (MgO etc.) 1.8%

總共 100% .....

表五十 各種獸骨成分平均表

類	別	馬	骨牛	骨豬	骨
含氮有機物		三六·一七%	三三·六五%	.....	.....
氮素		五·五六	五·二二	五·三九	.....
灰分總量		六三·八一	六六·五五	.....	.....
磷酸		二四·五六	二六·一八	二五·〇〇	.....
石灰		三四·二〇	三四·六九	二九·五九	.....

由上表觀之，骨富於磷酸，其主要之化合物爲磷酸三鈣。其全量達於全灰分之 70-80% 者有之，且氮素之含量亦不鮮，故骨實爲富於養分之肥料。純粹之骨有  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  內外之氮素， $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  之磷酸。生骨有  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}$  脂肪不易腐敗，預先除去碎爲粉末，其效力乃著。以下就其方法略述之：

#### (一) 粗骨粉 (Crushed bone meal)

**煮沸法** 預先將骨之大塊者斬成小塊，大釜中有金屬板作支持用，板上置骨，注水深達骨層上二三寸爲度。煮沸之凡數時間，此際水蒸發不絕，宜時時補給，使骨層常在水中，如是則脂肪浮於液面，暫靜置之，使其充分浮上，而後掬去之，再行前法以脂肪淨盡爲度。然骨尙含有  $\text{Ca}$  或  $\text{Ca}$  之脂肪，宜以汽油等抽出之，而後曝之日光，或置之乾燥器中，俟其水分全去乃粉碎之。

不直接煮沸，而使骨片接觸蒸氣，因以分離脂肪者有之。卽於圓筒狀之釜中，置金屬製之網，或有孔板，密閉釜上部，一方連結以蛇管，導之水槽，乃置骨於網或板上，注水其下，以煮沸之。如是則蒸氣透骨層，入上部導管，漸凝集蛇管中化爲液體，此液體卽挾脂肪而出也。

**鹼化法** 若不能用前之法者，則先煮骨以去脂肪之大部分，更行醱酵法亦可。卽以脫脂之骨與他肥料混合，更混以富於有機質之土壤，或木灰，注入尿水或污水，覆以土使之醱酵。此法所生之亞母尼亞 (Ammonia) 藉覆於上部之土壤，能以吸收而保蓄之，不足爲患。欲使骨質柔軟，因浸漬骨於木灰汁者有之，依此法則骨片柔軟，易於粉碎，其理由在木灰中之炭，磷，鉀，與生石灰游離苛性鉀。此等苛性鉀有強鹼性，故能溶解骨素，使分布於其中之鐵

物料皆爲之溶解。且苛性鉀，能鹼化 (Saponification) 脂肪使之脫去，故骨質爲之脆弱易以粉碎。

下列方法一般農人均可做行 (一)

擇農場隙地掘一坑深及二三尺，其徑之大小，視所欲製造骨粉之多少而定。掘成後將土春緊，坑之四周護以木板，俾四邊可以增高。取骨六份（或六斤，或六十斤下做此），草木灰六份，石灰一份，先將草木灰之一部分填底，以一部分骨蓋之，其上蓋以石灰，再鋪草木灰一層，又蓋以骨及石灰，如是者數層（層數不嫌其多，祇使骨與草木灰及石灰接近，至於層次之厚薄則隨原料之多寡而定）。最後則上面蓋以餘下之草木灰，傾水其中，使完全透溼。時常加水，但勿令過滿，以致外溢。如是者三四月，將骨取出曬乾，春細即成上等骨粉矣。惟用時須將坑中之物與骨粉拌和，置於綠肥堆中堆置多日，使綠肥所生之有機酸與骨粉作用，變爲可溶性之磷肥而後施諸田間。

骨含水溼者，富有韌性，粉碎自難，故骨之脂肪雖已淨去，而非乾燥之不可。倘值夏時炎熱方盛，曝而乾之最爲簡易。然如冬期氣候寒冷，或溫暖，而溼氣較多之時，宜積骨於暖房，使其蒸發之水分自排氣口排去，以乾燥之。或將骨之已衰或蒸者積之密室，使之醱酵；此際溫度較高，水分當逐漸蒸發，設排氣口以驅出之，則骨自乾燥矣。然普通農家不能用複雜之乾燥法，能擇天氣晴朗，溼氣稀少之日，曝而乾之，斯亦可矣。骨既乾燥，宜粉碎之，歐美諸國製造骨粉之工場規模宏大，其粉碎之器械頗完備，故能勞少功倍。今惟述其簡略於下以資參考。

簡單製粉器之必要部分，大別爲二，一曰杵，二曰杵之先端附以鐵板，或鐵製杵頭。白宜鐵製或石造。白與杵衝擊之部分，附以鐵板。或縱列七八枚之鐵板。其距離以三四分爲度，使骨之細末通此間隙落下。如是所得之骨粉

尚精粗不一。宜別之以篩，更用平底臼搗碎之。

骨粉在工業上之製法：將骨裝入錘斧旋轉機，每分鐘可轉八萬至九萬餘次，使骨變成極細之粉末。再通過金屬之篩，依其粗細分爲若干等級，以能通過八分之一吋之篩孔者爲合格，粗者再入粉碎機以粉碎之。

上等英國產粗骨粉含氮素約百分之四至五，印度產者，因於製造之前多數已經自然醱酵，或一部分分解，氮素含量常在百分之三以下。而其氮素之效能多屬緩慢。粗骨粉一般呈砂狀之粉末，具有特異之臭味。骨粉之燐約百分之五十可以溶於1%之檸檬酸液，似此骨粉之燐酸不能算爲遲效性，然據之耕作試驗則甚緩慢，其原因由於粗骨粉比較爲粗粒的，與土壤溶液接觸之面積小，受溶解之機會亦較少也。

#### (11) 蒸製骨粉 (Steamed bone meal)

蒸製骨粉云者，謂用蒸壓器，使骨片接觸高氣壓之蒸氣，淨去脂肪而後粉碎之者也。惟以採取膠質，及分離脂肪爲目的者，亦可得蒸骨粉。然此時氣壓更高。含氮物損失不鮮。故製膠脂者，用四氣壓。製蒸骨粉時用二氣壓。

製造蒸骨粉，先將骨中之富於脂肪者，與不然者分爲二部。前者切爲細片裹之，去脂肪，乃與後者合碎之，移入一種蒸氣罐，自送氣口送入水蒸氣蒸熱之（此時壓力用二氣壓）。凡二時間或四時間，骨粒達百二十度左右之高熱，脂肪自熱水浸出。骨素亦稍溶解，溜於罐底。乃閉送氣口，開排氣口，使蒸氣發散，取出骨片乾燥而粉碎之，其方法與前無異。

以高壓蒸熱之骨其質脆弱，易碎爲粉，且腐敗亦較速。然骨素分離爲膠，大減其肥效。而損失之量，與壓力之高

低，及時間為正比例。關於此點之試驗成績如下：

類	別加高壓長時間蒸熱之骨粉	加低壓短時間蒸熱之骨粉
氮	二·五——三·五%	四·〇——四·八%
磷	二四·五——三六·五	一九·〇——二一·〇

由是觀之，蒸熱之際，壓力高，時間長者，減氮氣，增磷酸。壓力低，時間短者，磷酸損失頗多。故從肥料成分上言之，能低其壓力，縮其時間，粉碎稍難，而有效成分當較富矣。

骨粉中尚有所謂脫膠骨粉 (Degelatinized bone dust) 者，即以四氣壓（每英寸壓力五十至六十磅）蒸透骨片，除去脂肪及骨素之大部分，而後乾燥粉碎之者也。依此法則，骨中所含氮素及有機物雖多被除去，而磷酸毫不分離，故磷酸之百分率頗高，平均含氮素約百分之一以下，磷酸 20%，等於磷酸三鈣 (Tricalcium phosphate) 63%，但其肥效較遲。雖然蒸製骨粉通常較粗骨粉為細，其效力亦不遜於粗骨粉也。據英國之試驗成績，蒸製骨粉用之於某種土壤缺少石灰質與水分，施用過磷酸石灰或湯馬斯磷肥 (Thomas slag) 於蘿蔔皆非所宜，蒸製骨粉之效用特著云。

(1) 骨粉之成分

骨粉之成分，視其製法之如何，互有徑庭，粗骨粉中平均氮氣 3-4%，磷酸 21-24%，脂肪則視製法而異，新骨粉尚有 1-4% 以上之脂肪，以水浸之者尚有 2%。蒸骨粉之成分，與粗骨粉無大異，氮氣之量為 3.4-5%，磷酸

之量爲 17.25% 脂肪較前，者少平均百分之四何 (Linn) 氏揭示各種骨粉之成分如下表 (三)

表五十一 生骨與骨粉成分比較

類	別	氮	素	%	磷	酸	%	等於	磷酸	三	鈣
生	骨										
未	除	脂	肪	者	四·四五	二〇·一四			四三·九八		
未	除	脂	肪	者	五·〇一	二二·〇〇			四八·〇三		
未	除	脂	肪	者	四·〇六	二三·三六			五一·〇一		
骨	粉										
除	去	脂	肪	者	四·九四	二二·八一			四九·八〇		
除	去	脂	肪	者	五·一七	二二·四六			四九·〇三		
蒸	製				四·五九	二二·〇九			四八·二三		
蒸	製				四·五〇	二二·四七			四六·九二		
印	度	產			三·三五	二二·一九			五〇·六二		
脫	膠	骨	粉		〇·九三	二九·〇二			六三·三六		
脫	膠	骨	粉		一·三四	二八·二七			六一·七		

(2) 骨粉之肥料的價值 (Fertilizing value of bone manures)

骨粉之肥料的價值，視其粉粒之精粗，與成分之多少而異，粉粒微細，富於氮氣，乏於脂肪者為優等，反之者為劣等。然骨粉之種類雖殊，而皆為遲效肥料，施之於氣候溫暖，降雨稍多之地方，其效頗著。而用之於氣候寒冷，且乾燥過度之地方，則其結果不良。骨粉分解之際，貴有相當之溫度，而空氣之流通，水溼之適度，亦其所必要者，土壤中適合於此等條件者，以壤土為最，故骨粉宜用之壤土，砂土空氣之供給雖豐，而傾於乾燥，黏土乏於透氣，水溼之調節又不得其宜，皆不宜施用骨粉。至酸性土及腐植土，雖亦有水量過多之弊，而骨粉於酸性土，能中和其酸性，用骨粉於腐植土，則因腐植土常生成碳酸氣體，及各種有機酸，骨中之磷酸三石灰，與此等酸類相作用，變為可溶性磷酸石灰，故其效果頗著。

骨粉含有多量之磷酸，與少量之氮氣，而乏於加里，故施之田園，宜與氮氣及加里肥料合用之，而協於此目的之氮質及加里肥料，以其反應屬於酸性者為有效。即硫酸銨、硫酸鉀等，適用於此目的者也。

骨粉之為遲效肥料，上既述之矣，而欲求其功能之速顯，宜於施用前（用粗骨粉時數十日前用蒸骨粉時十餘日前）混以富於有機質之土粒，注以尿水，或污水，厚覆以土，使之發酵腐敗，然後用之。骨粉之曾經發酵者，與不然者，其肥效上果有如何之關係乎？歐洲曾以小麥試驗之矣。今揭其成績如下以供參考：

類	別無	肥	料	區	粗	骨	粉	師	曾經發酵之粗骨粉區
穀	實			二六・〇〇				五一・二五	一八四・〇

麥	110.00	六三·三五	二四八·〇
稈	113.00	七一·〇〇	二六四·〇

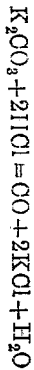
由是觀之，骨粉之已腐敗者，其效果大著，可以見矣。要而論之，骨粉奏功雖緩，對一切作物，均有效用，而於米麥及其他禾本科作物，豆科作物，根菜類，甘蔗，麻等為尤適。

(c) 骨粉之鑑定法 (Detection)

骨粉之價格頗高，故販賣肥料者，往往混以種種之物質，以售其欺，今就其鑑定法略述之：

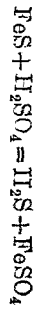
骨粉中混有土砂，黏土，石膏，石灰，貝殼粉，燐礦粉等者有之。欲知此等物質之存在與否，可先盛水於玻璃圓筒投入少量之骨粉。若有此等之混合物，即時沈下於器底，骨粉則徐徐下降，故沈降苟速而且多，或全浮者，即定證此骨粉之為贗品。若欲檢出混合物之為何種物質，則宜分別行之，略示數例如下：

(a) 木灰之檢出法 入供試品少許於試驗管，加水振盪之，其溶液若呈鹼性，且加以稀鹽酸而盛發碳酸氣體時，即木灰混和之體也。



(b) 石炭灰之檢出法 入供試品十克內外，於玻璃杯中，加以稀硫酸，則稀硫酸作用於灰中之硫化鐵，發生硫化氫，故用其固有之臭氣，得易知之。





(c) 石膏之檢出法 石膏可以美骨粉之外觀，故混和之者頗多。然亦不難檢出之，蓋骨粉含有硫酸及石膏本極少，今溶解少量之骨粉於稀鹽酸，注以氯化銀一二滴，若生多量之白色沈澱，即石膏混和之證也。

(d) 土砂之檢出法 入少量骨粉於試驗管，加以稀硫酸煮沸後，暫時放置之。若其中有土砂，則當沈澱於試驗管之底部。或取骨粉之少量灼熱，而灰化之，注加稀鹽酸，檢其不溶解之殘物亦可。

粗骨粉，蒸骨粉，及脫膠骨粉，概視其粉末之精粗，氮素分及脂肪分之多少，而異其肥效。欲判定之時，宜先別之，以篩，再檢定其氮素及脂肪分之含有量，粗骨粉與蒸骨粉之異點，察其性狀自易辨認。脫膠骨粉含脂肪最少。其粉末極細，亦不劣於蒸骨粉。然製膠時所用壓力頗高，骨素流逸殆已無遺。故脫膠骨粉氮素極少。其肥料的價值不及蒸骨粉。然純正脫膠骨粉，磷酸與氮素之含有量大相懸殊。用定量分析法驗之，二者自易區別。然販賣品中，欲以脫膠骨粉冒充蒸骨粉，因混以硫酸亞母尼亞，或角粉，肉骨，血粉，以其掩人耳目者，往往有之。如此之贗品，其氮素之量，縱與蒸骨粉無異，而其效能，必不相同，故非辨別之不可。而欲辨別之，宜取試驗品一定量，投迷蒙精 (Chloroform) 中略為攪拌，骨粉質重當沈下，角粉，血粉，質輕當浮上。取其浮上物乾燥，而稱量之，即可知原品之真僞。蓋純正骨粉之在迷蒙精中也，其浮上物量為原物之 15%。若前所稱量之浮上物量，在 5% 以上，即知原品之非純粹矣。骨粉中倘混有硫酸亞母尼亞，則用勒士力 (Nessler) 氏之試藥易檢出之。

德國學者客利格 (König) 研究骨粉頗極精密，述其結論如次，以資參考：

投骨粉於 Chloroform 就其沈下物，定量氮素及磷酸，算其百分率，則骨粉之真贋易以別，其標準如下：

第一，氮素之含有量 4 至 5 %，磷酸之含有量 10.5 至 23 %，氮素與磷酸之比為 1 與 15.5 者，純正之骨粉也。

第二，氮素 3.4 %，磷酸 21-25 %，氮素與磷酸之比為 1 與 6.5 至 8.5 者，普通之骨粉也。

第三，氮素 1 至 3 %，磷酸 24-30 %，氮素與磷酸之比為 1 與 8.5 至 30 者，骨素殆已全去者也。

第四，沈於 Chloroform 之骨粉，氮氣量在 1 % 以下。氮氣與磷酸之比為 1 與 30 以上者，不能視為骨粉。

第五，碎新骨與脂肪及骨素含量，與生骨無異者，可稱為粗骨粉。

### (三) 骨灰 (Bone ash or Bone black)

骨灰者，新骨或腐骨之因燃燒而為灰者也。頗富磷酸，可為肥料，惟燃燒新骨使化為灰。百斤之骨僅得二十斤之灰，其中之變化激烈，可以想見矣。骨富於無機成分，而以磷酸為最多。有機物之大部分，則自骨素脂肪及其他種之物質構成者也。燃燒之時，有機物悉飛散以去，氮氣亦銷滅無遺。故重要之肥料成分損失甚巨，而其餘之磷酸，亦為燃燒時熱過高，益減其可溶性。且因促進其分解之有機物全失，肥效遲緩，較骨炭尤甚。故直接施用，其效果不著，而欲使骨灰益大其肥效，莫如注以硫酸，令變為過磷酸石灰而後用之。

骨灰惟因交通多阻，不能運搬新骨者，或衛生上有危險之虞者，始不得已為之。不然舉富於肥料成分之骨灰化之，以減其效用，愚亦甚矣。

骨灰之成分如下：

水	分有	機	物	氮	氣	磷	酸	加	里
	六·〇〇%	三·〇〇%	〇·〇〇%	三·五·四%	〇·三〇%				

此外尚有 36 % 之炭酸石灰及 11 % 之氫氧化石灰，磷酸雖有 35.4 %，而其中為不溶解性磷酸三石灰者，居十之七八。骨灰肥效之遲緩可以想見矣。

(四) 骨灰 (Bone charcoal)

骨灰者，熱動物之骨（須置於密閉器中使其不通空氣），使其化為炭者也。骨灰頗富於有孔性，能吸收液體之色素，臭氣，污物，以澄清之。故以之為濾過材料最為合宜。工業上需用頗夥，而在製糖業者尤為必要之材料。蓋糖汁之色素，及其夾雜物，骨灰能吸收之也。惟其吸收力，亦有限制，既用之而欲恢復其吸收力，則曝乾之，薰燒之，以供再用。如是者凡數次，乃視為廢物，用之肥料。故骨中所有磷酸石灰，率為難溶性，骨素亦殆已脫離。且薰燒骨灰後，往往浸之稀鹽酸，去其灰分之一部者有之。因之無機物益以損失，其肥料之效能自益薄弱。

骨灰之成分，視其燃燒之度，及其他種種條件，每有差異。而其平均成分如下：

水	分有	機	物	氮	氣	磷	酸	加	里
	八·〇〇%	八·〇〇%	〇·七〇%	二九·〇%	〇·一〇%				

由上表觀之，磷酸之量，亦不為少。然骨中之磷酸，為薰燒時熱度頗高，變為極難溶解之形態，其效果甚緩，比之

骨粉墮乎後矣。若以之爲過磷酸石灰之原料，較爲有利。

## 第二節 磷質海鳥糞 (Phosphatic Guano)

海鳥糞分二種，即含有氮氣，及不含氮氣，而專有磷酸者是也。此二種皆自海鳥糞堆積之地方，雨量之多寡，而生如此之差異者。秘魯地方氣候酷熱，雨量稀少，故流失之機會少，而氮氣不至減量，其餘地方降雨較多，堆積之鳥糞，受水溼之作用，腐敗所生之溶解性氮氣化合物，易致流失，或滲入地中，流逸以去。磷酸雖亦有損失，而比之氮氣化合物甚少。且其鹽類能固定，易以保留，此磷酸質海鳥糞之所以生成也。

磷質海鳥糞中之磷酸化合物，爲不溶性，多爲磷酸三鈣。以此用爲肥料，施之普通土壤，奏效頗緩，不若以之製過磷酸石灰利益較大。

磷質海鳥糞之成分，因地而殊，至其優越者常有磷酸百分之二十至四十。茲將各種重要磷質海鳥糞分別略一言之。

### (1) 西沙羣島海鳥糞

西沙羣島爲我國最南疆域，當香港與新嘉坡航線之衝。羣島中有金銀島、林島等，產海鳥糞，由中國商人何某承辦，經營者實爲日人。後經收回，另由別人以每年二萬元投得云。據民國十七年兩廣地質調查所之估計，僅就林島言，可供開採者尚有二十萬噸。經中山大學農林化學系分析二十餘種，其中氮氣及加里均甚少。全磷酸最高達

31.18% 不能算為劣品，最少祇 27.8%，故品質參差不齊。製造上感覺不便。茲示二三分析結果如下（百分率）  
 表五十二 西沙羣島海鳥糞分析成績

成	分	種			
		甲	乙	丙	丁
全	磷	一八·三四〇	二九·二八〇	一一·三七〇	一五·五〇〇
稀	經可溶磷	〇·九三八	三·九八〇	一·二一〇	二·一七〇
水	溶性磷	〇〇·四五	〇〇·一〇五	—	—
有	磷	〇·一四〇	〇·一四〇	—	—
鉀	態	〇〇·二〇	〇〇·〇六	—	—
確	酸	〇〇·九三	〇〇·三三	—	—
有	態	〇·八八七	〇·二九三	〇·五八〇	〇·八〇〇
全	氮	一·〇〇〇	〇·三三〇	〇·五八〇	〇·八九〇
鐵	鋁合量	〇·二八五	〇·二七五	〇·二八五	〇·二七五
鉀	氧	〇·一六六	〇·一七六	〇·一〇六	〇〇·九八
錳	氧	〇·六三〇	〇·六三〇	—	—
石	灰 (CaO)	四九·二〇〇	四八·九七〇	三七·九二〇	三一·六六〇
鹽	不溶物	一·〇二〇	一·〇五〇	—	—
有	鹽	一四·五五〇	六·九三〇	九·〇五〇	一五·八一〇

灰		分	
	七八·二八〇	八六·〇九〇	七六·八〇〇
水		分	
	七一·七〇	六·九八〇	一四·一六〇
			二〇·七五〇

由前列結果可知石灰含量在 $\pm 2\%$ 左右，磷酸大部分為不溶性，植物難於利用，以之製造過磷酸石灰，需要硫酸甚多，現時國內硫酸價昂不合乎經濟。惟查檸檬酸可溶性磷酸多者達 $\pm 1\%$ 平均約 $\pm 0.5\%$ （參照農聲一三九期直接利用西沙羣島海鳥糞之研究）又與有機質硫黃廐肥等堆積發酵亦可增其可溶性磷酸，直接施用認為有效云。

(2) 其他磷質海鳥糞

西印度羣島之阿如伯 (Aruba), 拉凡撒 (Narvusa), 宋伯若 (Sombero), 可拉可若 (Curaçao) 諸島; 道直下太平洋中之伯克 (Baker), 阿不拉所 (Abrothos), 克銳失馬斯 (Christmas), 奧興 (Ocean) 諸島, 皆產磷質海鳥糞。就中以奧興, 克銳失馬斯及柏克磷質海鳥糞品質極良, 磷酸之含量為 $38\%$ 至 $39\%$ , 不純物少, 鐵鉛僅 $0.5\%$ , 白色至灰褐色。為高度過磷酸石灰之原料。此外巴西 (Brazil) 之克利披頓島亦產磷質海鳥糞, 深達六尺, 亦為卓越之品。

第三節 磷礦及磷酸鹽類

磷礦及磷酸鹽類（鈣、鐵、鋁之化合物）可分為磷灰土（Phosphorite），磷灰石（Apatite），龔化石（Coprolite），磷酸巖石（Rock phosphate），瘤狀磷礦（Nodule phosphate），及含磷鐵礦諸種。茲就此種磷酸鹽略述之，以供參考：

磷灰石 磷灰石為結晶片巖，晶性石灰巖，粒狀石灰巖，花崗巖，及玄武巖之副成分。廣布於地殼。其成分含有氟素與氯素者。概而言之，磷灰石質頗硬，難於粉碎，即碎為粉末，而非用稍濃厚之硫酸，其化學變化亦不完全。且因其多含氟素或氯素，製造之際每發生氟化氫或氯氣，以貽害於工場衛生，故磷灰石用為過磷酸石灰之原料者，最近甚少。

龔化石 龔化石乃中生代巨大爬蟲類動物之排泄物歷久變為磷石者也。最初發現者為英國康不脫幾洲（Chunbrige Shire）。其成分頗不一致，大約含磷酸三鈣 50-60% 或磷酸 22-26.4%。

磷灰土 磷灰土之化學組成，殆與磷灰石同，而磷灰石為結晶性，磷灰土為土狀，二者頗異。天然磷礦中最早用為過磷酸石灰之原料者為磷灰土。

含磷鐵礦 含磷鐵礦自磷酸鐵礦而成，此種礦物雖富於磷酸，而因多含鐵及鋁，不宜為過磷石灰之原料。

瘤塊狀磷礦 瘤塊狀磷礦存於古生層，因存於土中之動物體分解而生溶解磷鹽，溶於土中水分，接觸碳酸石灰，及其他鹼性物，依置換作用，與石灰及其他鹽基結合而生者也。故其品質頗不一定，然其特性為非晶性而成塊狀或瘤狀，比重 2.2 至 2.5，色淺灰色或褐色，而為白色或黑色者時有之。此種磷礦分布頗廣，茲述其最有名者如

下(四)

(1) 北非洲磷礦

北非洲北部阿幾銳亞 (Algeria) 及唐尼斯 (Tunis) 地方及其他埃及 (Egypt) 屬地產磷礦甚富，以格富撒 (Gafsa) 爲代表。巖層厚二公尺至三公尺，含磷酸 27-29% 或磷酸三鈣 50-60%，鐵鋁含量甚少，爲歐洲製造過磷酸石灰之主要原料。在一九二四至一九二五年產量達七十五萬噸，據之估計北非洲之磷礦尙足供世界數百年之需用云。

(2) 澳洲磷礦

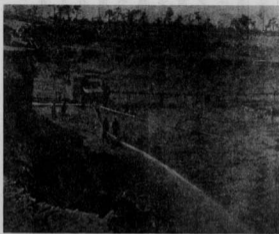
澳洲之納魯島 (Nauru Island) 奧奧島 (Ocean Island) 及其他之海島有無盡藏之磷礦，此種磷礦之成因多係導源於海鳥糞，經若干年雨水之洗淋，已無氮氣存在之可言，幾爲純粹之磷酸三鈣，故磷質海鳥糞與磷礦之糞化石無顯然之區別。此種磷礦含磷酸三鈣 85-89%，雜質極少。由一九〇五年起至一九二五年止，納魯島磷礦之經採掘者已達四百萬噸。而存儲量尙有一萬萬噸云。

(3) 佛落利達磷礦 (Florida Phosphate rock)

美國佛落利達州所產磷礦分三種，即軟巖 (Soft rock) 硬巖 (Hard rock) 及石子磷 (Pebble phosphate) 是也。每年產量約二百五十萬噸。三者之中，軟巖含 40-55% 磷酸鈣爲最劣，普通磨細成粉稱爲 float，直接施用於田園。石子磷以瘤狀而存在，混於泥砂之中間，散佈河床及陸地。佛落利達磷礦平均含磷酸鈣 68-75%



(圖解二十一) 磷礦之用水力開採(美國 Florida 州)



題  
料  
參

一  
九  
八

以硬巖成分最高，達25%，但存量較少。存  
儲量尚有二萬萬噸云。

(4) 丹力西磷礦 (Tannosoo  
phosphate rock)

丹力西磷礦產於美國之丹力西州，  
自一八九四年開始採掘以來，每年產量  
約400,000至500,000噸。磷酸鈣含量平  
均70%，為美國磷酸肥料之主要資源。色  
暗褐，成卵狀，或白色而成板狀脈。

(5) 馬加特亞磷礦 (Makatea  
phosphate rock)

在南緯十五度，西經一四八度太平  
洋中馬加特亞島，法國所有。含磷酸 63% -  
87%，成磷酸鈣 76-80%，上等之磷礦也。  
(6) 能登磷礦，產於日本鹿兒島，

乏於磷酸而富於鐵及鋁，品質劣等，磷酸含量不過 10.0%。

#### (7) 海州磷礦

江蘇省海州產，含有磷酸 ( $P_2O_5$ ) 38%，或磷酸三鈣 ( $Ca_3(PO_4)_2$ ) 83.6%，皆難溶於水，效力緩，除運往日本製造過磷酸石灰之外，我國利用者甚少，現時廣東工業試驗所已將該礦製為過磷酸石灰，含磷酸 3%，品質甚良，即將從事大規模之製造云。

在歐美各國將此種礦石磨成粉末，所謂 Float 或 Raw phosphate 者是也。可以直接施入土中或混入廢肥，堆積醱酵，使磷變為可溶性而後施用。我國長江以南土壤多酸性，如直接施用或堆積後而後施用，其價值較廉，效力或不致遠遜於過磷酸石灰也（參看第十六章第五節磷酸肥料之效果）。

#### 第四節 糠麸稈

穀實之外皮曰稈 (Hush or Chaff)，其內皮在米曰糠 (Bran)，在麥曰麸 (Wheat bran)。稈質極粗乏於肥料成分，且腐敗頗難，宜先混於廢肥使其腐熟而後用之，然直接施之黏土以改良土壤之理學性質者有之。或施於果樹類之根際以防寒氣之侵襲，或施之特殊之作物，以防土壤之乾燥者亦有之。糠及麸皆富於磷酸，據學者之研究，糠及麸中之磷酸概為非汀 (Phytin) 即  $O\{CH_2-O-Po(OH)_2\}_2$  之狀態存在。經醱酵之作用而生磷酸，可直接為植物所利用。糠之有機物中含有蛋白質及炭水化合物，脂肪等不少，且其腐敗分解頗難，以之為家畜

飼料，而後利用其排泄物最爲得計。若欲用爲肥料，宜投之糞尿以爲液肥，或混之堆肥，使之腐敗而後用之。否則於栽培作物一月或二月前施之土壤，令其腐敗亦可。而於富於有機物之水田爲尤然，糠爲燐質肥料，對於一切作物均爲有效。然施之稻田，往往有結果不良者。此由於糠難腐敗，非糠之不宜於稻也。大小麥之麩其性質效用，略與米糠同。自其肥料之養分多少論，裸麥之麩最優，且勝於糠，小麥麩次之，大麥麩最劣。

## 參考文獻

- 一 農商部中央農事試驗場第四期成績報告化驗股報告一八——一九頁（民國七年至九年）
- 11 Wheeler: Manure and Fertilizers, pp. 165-190 (1924)
- 111 Hall, A. D.: Fertilizers and Manures, Chapter 5, pp. 113-123
- 112 Herbert Cave: Fertilizers, London, pp. 10-17 (1928)
- 113 西沙羣島海鳥糞調查報告書 中山大學農學院 民國十七年
- 114 J. Fritsch: The Manufacture of Chemical Manures, pp. 14-59 (1911)
- 115 Artificial Fertilizers, Ministry of Agriculture and Fisheries, Bull. No. 28, London, (1933)

## 第十二章 加工磷酸肥料 (Manufactured Phosphoric Fertilizers) (1113'4)

### 第一節 過磷酸石灰 (Superphosphate of Lime or Acid Phosphate)

#### 1 歷史 (Historical)

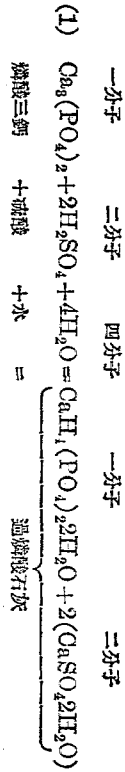
過磷酸石灰概自磷酸一石灰 [Mono-Calcium Phosphate,  $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ ] 與硫酸石灰而成。即加硫酸於天然磷酸鹽 (Phosphates) 之粉末, 使其不溶性磷酸變為可溶性磷酸者也。其製造法實胚胎於十九世紀之初, 加硫酸於骨灰, 則生溶解性磷酸石灰, 此事實已為當時諸化學者所承認矣。然應用此知識於農業上, 確立製造過磷酸石之基礎者, 實為李壁熙 (Tienig) 氏之賜, 氏以為欲用骨為肥料, 宜碎成細末, 注以稀硫酸拌之, 在播種前加水百倍施用之, 如此則其粒子極細效能頗大, 且援引關於玉蜀黍及蔬菜之試驗成績以證明之。劉 (Lawson) 氏曾施用骨粉於蕪菁, 其效果不良。因以硫酸或其他酸類處理骨及其他無機性磷鹽石灰, 施之蕪菁及其他作物, 其肥效於蕪菁特著, 時一八三九年也。其後漸擴大此種試驗, 於一八四一年施用過磷酸石灰二十噸。至是年五月得過磷酸石灰製造特許。其原料則為骨灰, 骨粉, 及其他含磷物也。其後基於李壁熙 (Tienig) 氏之論文, 擴大其原料範圍。蓋骨粉及骨灰供給不敷, 價格昂貴, 且因糞化石 (Coprolite) 及其他天然磷礦之發現, 遂鮮有為過磷酸石灰

之原料矣。天然磷礦如磷灰石 (Apatite)、磷灰鑛 (Phosphorite)、塊狀磷鑛 (Nodule phosphate) 及磷質海鳥糞 (Guano phosphate) 等是為主要原料。

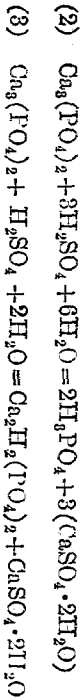
一 製造原理 (Principle)

欲使不溶性之磷酸三石灰，變為可溶性之磷酸一石灰，在以無機酸 (Mineral acid) 類處理之，酸類雖有種種，而鹽酸生成氯化鈣，有損於植物之生育，故不宜用。加硝酸於磷鑛則生有益於植物之硝酸鈣，故用之似一舉兩得，然硝酸之價格頗昂，不適於實用。硫酸之價較廉於硝酸，且不生有害於作物之物質，故使用硫酸銜為常。

當製造過磷酸石灰，要先算定所要之硫酸量，而欲算定之，要先知原料之分析成績，及製造中所起之化學變化。今示注加硫酸於磷鑛，以製造過磷酸石灰所起之變化如下：



此反應惟所加之硫酸量適宜時為然，若硫酸之用量過多，則如第二式所示，生遊離磷酸，過少則如第三式生磷酸二石灰 (Dicalcium phosphiate)。

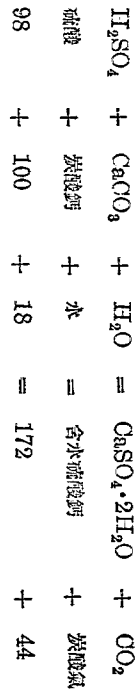


如(1)式所示硫酸之適量，對於磷酸三石灰之一分子，加以硫酸二分子。而磷酸三石灰之一分子量為 310，硫酸之二分子量為 196，即：

$$310:196 = 100:X$$

$$X = 63.22$$

此即對於純粹的  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  100份，要硫酸 63.22份也。然普通原料，尚含有碳酸鈣及氟化鈣等，故宜先檢定其含有量，以無誤硫酸之用量。



即對於碳酸鈣一百份要硫酸九十六份也。通常用播美 50 至 55 度之硫酸與同重量之磷礦粉最為適宜云。為求良好之製品起見，必須第一，有最少量之  $\text{P}_2\text{O}_5$  變為檸檬酸銨液可溶性。第二，水分量少，如此不但磷酸之含量增高，且得良好之物理性。第三，有適當之化學變化，而便於搬運或貯藏。第四，於可能範圍內，用最少量之硫酸以達到上列諸條件，故通常所用之硫酸量比較算定量略少。

### III 原料之選擇 (Selection of materials)

製造過磷酸石灰，首宜擇適當之磷礦而用之，原料之化學的組成如何，不惟影響於製品之優劣，即製造之難

易及貯藏之便否，亦各不同。故選擇良品當視如何之標準定之。試將磷礦當具之條件示之如下。

(a) 磷酸之含量宜多；磷酸之含量愈少，硫酸之消耗愈多。磷礦之真價全視磷酸含量之多少而殊，若自海外遠隔之地購求原料，其磷酸含量尤以多為貴，不然磷酸含量愈少運費愈昂矣。

(b) 鐵鋁之含量宜少；磷礦中之鐵鋁與其他之成分，同受硫酸之作用，變為硫酸鐵及硫酸鋁，存於過磷酸石灰中。而其貯藏中則與磷酸一石灰作用，生磷酸鐵及磷酸鋁。此等化合物為不溶性，故大減過磷酸石灰之價值。又富於黏性，對於機器常有黏結難於工作之弊。

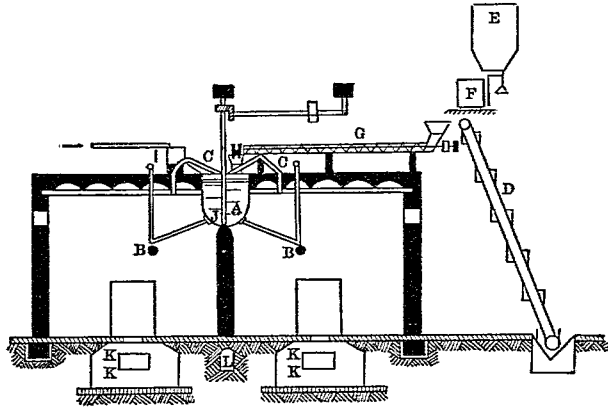
(c) 碳酸化合物之含量宜適當；磷礦中若含有碳酸化合物之量若多，增加酸之消費。而其含量倘僅止於 5—6%，製造上反多便利。蓋磷礦中之碳酸化合物，多發生碳酸氣，可增加過磷酸石灰之氣孔，以促其乾燥，并能使製品為之膨軟也，但碳酸化合物 (carbonates) 之含量超過 5—6% 時，則酸之消耗多，頗不便利。

(d) 粉碎宜容易；磷礦宜先粉碎之，使其易受化學的及物理的作用。故粉碎之難易，與製造之便否有關係。他如磷礦中氟化物多時，則有害氣體之發生亦夥，故各種磷礦於其主要條件苟不懸殊，則宜擇其乏於氟化物在 2% 以下者而用之。

#### 四 製造法 (Method)

鉛室硫酸 (Chamber acid) 通常比重 1.5—1.6 (攝美 50—55 度) 價廉，最適於過磷酸石灰之製造之用。原料宜先粉碎，使之微細，愈細反應愈速，所要之硫酸亦較少，通常百分之八十至九十須通過口徑 0.25mm.

(圖解二十二) 過磷酸石灰製造機械之內容



- |         |          |             |
|---------|----------|-------------|
| A 混合器   | F 鑛粉貯存器  | I 硫酸容量計     |
| B 平衡器   | F 鑛粉較量器  | J 攪拌器       |
| C 氣體逸出管 | G 螺旋狀輸送機 | K. K. 地下輸送機 |
| D 鑛粉輸送機 | H 鑛粉送入處  | L 毒氣排出口     |

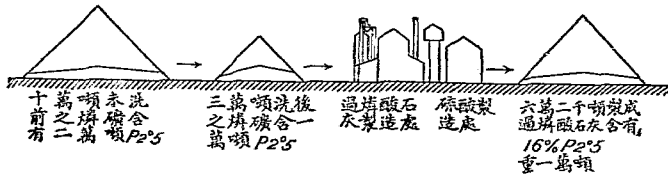
酸“Acid phosphate”、或過磷酸石灰 “Superphosphate of lime”、由海鳥糞製成者、稱為可溶性海鳥糞  
 “Dissolved guano”、凡此種種其名稱雖異、而其主成分皆為磷酸一石灰 (Mono-calcium phosphate)。普通

之篩。篩過之礦粉移入混合器，注以硫酸攪拌之，凡數十分間，於是發生熱，水蒸氣，炭酸氣，氟化氫，氯氣等，所殘餘者，泥狀物也。於是開開混合器底部，排出泥狀物於煉瓦製成之化成室 (Reacting room)，更使之受充分之作用。此室之溫度須保持至100度以上，經過二十四小時，以便殘餘之磷酸三鈣，完全受酸之作用，而為溶解性之磷酸一鈣。炭酸石灰則變為含水硫酸鈣。乾燥後碎為粉末，即為商品。過磷酸石灰亦有用作炭為原料者，稱為“Dissolved bone black”。由骨製成者稱為溶解性骨粉 “Dissolved bone”。由磷礦製成者單稱過磷酸 “Plain superphosphate”，或酸性磷



品合全磷酸 15—16.5% 優等品有達 19—20.5% 者。

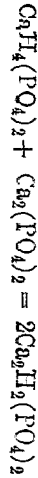
(圖解二十三) 過磷石灰製造圖



如上圖磷礦粉所含磷酸較之製成之過磷石灰所含之磷酸約多一倍，即後者容積增大，磷酸之全量仍相等。(Waggaman and Easterwood)

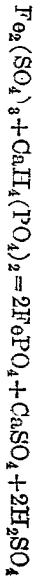
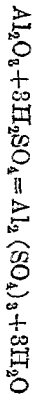
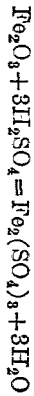
五 磷酸二石灰之變化

過磷酸石灰製造後，閱時稍久，漸減其溶解性磷酸，而增其不溶解性磷酸。此現象曰還元作用(Reduction)原因有二：(a) 因製造中尚餘有不溶性之磷酸三石灰，與溶解性之磷酸一石灰化合，更生不溶解之磷酸二石灰。



磷酸一石灰 + 磷酸三石灰 = 磷酸二石灰

(b) 因磷質原料含有鐵及鋁之氧化物先與硫酸作用變為硫酸鹽，再作用於溶解性磷酸一石灰，生不溶解磷酸鐵或磷酸鋁，今示鐵鋁與磷酸一石灰之化學反應於下以明其例。



磷礦中含鐵或鋁之氧化物超過百分之二者，不甚適於過磷酸石灰之製造用。如超過 1% 則絕不可用。蓋鐵鋁之氧化物因硫酸作用變為硫酸鹽，

再與可溶性之磷酸一石灰接觸，起還元作用，甚為不利也。如土壤中石灰含量少，鐵鋁量多，亦起同一變化，故寧可施用石灰使其變為磷酸三石灰，勝於磷酸鐵或磷酸鋁之形成也。

過磷酸石灰為磷酸一石灰與硫酸鈣之混合而成，效果最速之磷酸肥料也。然施之普通耕地，其溶解性磷酸溶於土壤溶液，普及土壤分子間與土壤中之石灰，或鐵鋁等化合而變為不溶性，為土壤所保留，果如是則過磷酸石灰之製造似屬徒勞矣。然過磷酸石灰之水溶性磷，因浸潤作用普及土中，雖其後變為不溶性，而其分布土壤之均勻，比之用極細之磷礦粉末實遠過之。其粒子之細微，亦絕非磷礦粉末所能比擬。且過磷酸石灰之還元磷酸，其有效性比之磷礦之磷酸遙大，此過磷酸石灰所以為速效性，變磷礦為過磷酸石灰之所以有利也。

#### 六 過磷酸石灰之性質

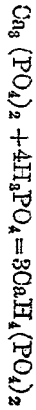
過磷酸石灰中所含磷酸一石灰及石膏（硫酸鈣），視其原料之品質，及其製造法而異其量，然磷酸一石灰雖多，而超過 40% 者無之。石膏之量不及 60% 者亦無之。按石膏原為中性鹽，然其生理的反應多為酸性。且磷酸一石灰為酸性鹽，故其化學的反應為酸性。其全體之化學的反應，亦不得不謂之酸性。而施用過磷酸石灰於土壤時，多與土中之石灰，鎂，鐵，鋁等之鹽類化合，而不溶性之中性鹽。且土壤中之鈣，鎂，鐵，鋁等之鹽類，因失其鹽基成為酸性鹽，或全為遊離酸，呈酸性反應；然土壤中碳酸鈣或其他碳酸鹽之含量適宜時，則雖施用過磷酸石灰，不至呈酸性反應。用之他種土壤宜注意其反應上之影響，於是近時有鹽基性過磷酸之製造法焉。

#### 七 鹽基性過磷酸石灰 (Basic superphosphate)

鹽基性過磷酸石灰即一種之沈澱磷酸石灰 (Precipitated phosphate) 加石灰於普通之過磷酸石灰, 中和其遊離酸, 又變其磷酸一石灰為磷酸二石灰者也。其製品含磷酸 12%, 遊離石灰 4%。其粉末細, 且乾燥, 貯藏施用皆便。然此種過磷酸石灰之製造, 惟注意反應, 而於其溶解度絕不之顧也。此種之過磷酸石灰, 適於缺乏石灰之砂土。而富於石灰之耕土, 或預用適量石灰之土地, 其肥效劣於普通之過磷酸石灰, 決無可疑。蓋普通之過磷酸石灰, 既能浸潤土壤, 普為分布, 而又因石灰鹽之存在, 保其中和狀態, 不至呈酸性反應, 故其效果常較鹽基性過磷酸石灰為優也。由是觀之, 製造鹽基性過磷酸石灰徒增費用, 而其磷酸之量及溶解度反至減少。普通之過磷酸石灰雖用之乏於碳酸石灰之土地, 其酸性反應能影響及於耕土, 而其影響, 農家預防之或矯正之, 實非難事。且其磷酸含量多, 而又為溶解性, 價亦低廉, 信可謂經濟之肥料者矣。

#### 八 重過磷酸石灰 (Double superphos. liale)

過磷酸石灰中有硫酸石灰及其他夾雜物, 容積重量雖增加, 而其效率轉以減少, 除去此等夾雜物, 使為濃厚肥料, 非用特別方法不可。其法維何, 即注加過量之稀硫酸於磷礦粉末, 以溶解磷酸分, 且以使磷酸石灰沈澱, 次以壓榨濾過器分離其混合物為固體與液體, 更蒸發濾液使之濃厚, 再混以適量之純良磷礦粉, 使液之游離磷酸作用之悉變磷酸三石灰為磷酸一石灰是也。



磷酸三石灰 + 硫酸 = 重過磷酸石灰(即磷酸一石灰)

重過磷酸石灰之磷酸含量約 40—50%，但常含多量游離磷酸 (Free phosphoric acid)，故乾燥頗難。用之於酸性土，感應酸性最強之作物，往往呈有害作用，然經過十數日，其害漸減云，此為諸種磷酸肥料中最濃厚者。利用含磷少之磷礦，且有廉價燃料及硫酸之出產，可用此法。如運費過昂，輸運較遠者，製造此種濃厚之磷酸肥料，實為經濟也。

#### 九 過磷酸石灰施用上之注意事項

(a) 過磷酸石灰之磷酸石灰，概自溶解性之磷酸一石灰而成，其效極速，且以其含有多量硫酸石灰，間接之效果不少，施於土壤後雖變為磷酸二鈣，然遇土中炭酸及有機酸溶液，再變為水溶性。

(b) 過磷酸石灰適合於普通之耕土，而不適於砂土及酸性土。

(c) 欲其肥效充分發揮，則與此當合用之氮氣及加里肥料，必選其一為鹽基性者，以使配合之合成反應近於中性。

(d) 欲以酸性之氮氣及加里肥料與磷酸石灰之合用，宜預施石灰於土地，以中和酸性肥料所生之酸。

(e) 過磷酸石灰濃厚，而溶積小，當施用時，宜混以數倍之乾土粉末。用之水田時，宜於移植前適當之時期排水後，撒布其乾土之混合物於田面，得攪拌之使與泥土混合。二至三日間，溶解性磷酸，當悉為土壤所吸收。用之旱田時，亦宜於播種前撒布其乾土之混合物，決不可使過磷酸石灰直接種子或幼植物之根莖葉。

(f) 不含有機物，宜於堆肥，綠肥，豆餅等併用之。用堆肥或豆餅時，混過磷酸石灰施之亦可。

(g) 過磷酸石灰之用量，固宜視其品質，土壤，作物，及與此合用之肥料，不能無異，然就一畝而言，以二十斤至四十斤為普通。依作物種類如下列數量當為適宜：稻三十斤，麥類四十斤，桑五十斤，果樹類八十斤，根菜類五十斤，葉菜類三十斤，荳類十五斤內外。分二次施用。

(h) 對於一切作物皆有效，而於根菜類，荳科植物，禾穀類等尤適，且其效能極速；凡植物之生長時期短者，或幼弱植物有蟲害之虞者，宜施以促其生長。

(i) 可與多數之肥料配合或同時施用，惟與生石灰，消石灰，炭酸石灰，草木灰，湯馬斯磷肥，石灰氮氣 (Lime nitrogen)，硝酸石灰 (Lime nitrate) 等合用時，則其溶解性磷酸變為不溶解性，故過磷酸石灰，與此等肥料，宜隔數日分別施用之。又與智利硝混合時，當時施用，雖無甚流弊，然放置其混合物，閱時稍久，則智利硝中之氮氣，不無損失。

(j) 過磷酸石灰宜置之乾燥低溫之處。

## 第二節 湯馬斯磷肥 (Thomas Phosphate or Basic Slag)

### 一 歷史及製造法

湯馬斯磷肥，或鹼性爐渣，為自磷鐵鑄鋼時之副產物。因英人 Thomas 之創案，利用為肥料，故有此名。往時磷鐵鑄中之磷，隨殘滓而被棄，而製出之鋼亦含有磷質；鋼鐵含磷時則質脆弱。一八七九年湯馬斯與稽希銳司

(Silicist) 研究除去銹鐵 (Pigiron) 內之磷之方法, 改良畢洗美 (Bessemer) 式溶鐵爐: 即塗附溶爐之內壁, 不以矽質黏土 (silicious clay) 而以瀝青 (Tar) 同含鎂石灰巖 (Dolomitic lime stone) 之混合物塗於熔爐之內壁, 含磷之鐵亦混合 15—20% 之石灰。如是送入空氣於熔化之鐵, 直至由爐外鑄孔視之, 氣體銷散後方爲完全。銹鐵中之磷, 與石灰結合, 同其他鐵滓共浮出於熔鐵表面。傾出, 粉碎, 是爲鹼性爐渣 Basic slag 即所謂 Basic cinder, Basic slag Meal, 或 Thomas phosphate powder 是也。

最初由此法製得殘渣, 因其中磷酸之效力頗不一致, 隨製造時手術及種種情形而異, 故用爲磷酸肥料者鮮。其後數年, 英國學者悉心研究, 羣謂湯馬斯磷肥之效力, 雖不及過磷酸石灰, 而優於其他之不容解性磷酸肥料。最後德國何葉滿 (Troyernann) 解說湯馬斯磷肥所以肥效不一致之緣因, 由所含矽質多寡而左右其品質。自此而後, 出品漸趨一致, 此肥料之有效, 爲人所公認。一八八六年始出現於市場, 其異年德國之銷費額不下五萬噸。至一八八九年, 德國所用此種磷肥, 其額益增, 歐洲全產額, 有七十萬噸, 近則產額日增, 占磷酸肥料界之重要部, 殆足與過磷酸石灰相頡頏焉。

## 二 成分及性質

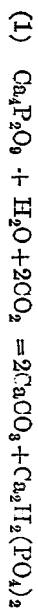
湯馬斯磷肥之普通品, 爲黑褐色之粉末, 比重  $3.1-3.3$ , 其百分中之組成, 視銹鐵之品質, 及石灰之用量而不同, 然大率含磷酸 18%, 石灰 50%, 氧化鐵 7—15%, 此外尚有矽酸及少量之氧化鋁, 氧化鎂, 硫黃, 硫酸。其新鮮者則含有 2—12% 之氧化鈣。又有區別 Thomas 磷肥之百分組成爲最低最高及平均之三種者, 示之如下:

表五十三 湯馬斯磷肥之組成

成分	分最		低最		高平		均
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	
磷酸 $P_2O_5$	一一·三九%	三三·〇〇	二二·九七%	五八·九一	一七·二五%	四八·二九	
石灰 $CaO$	三三·〇〇	一·一四	五八·九一	八·一〇	四·八九		
氧化鎂 $MgO$	一·一四	五·八六	一八·〇〇	七·〇〇	三·七八		
亞氧化鐵 $FeO$	一·九一	〇·一四	三·七〇	二·〇四			
氧化鋁 $Al_2O_3$	〇·一四	〇·五四	五·六二	三·九一			
氧化鈣 $CaO$	〇·五四	〇·〇五	一·四一	〇·四九			
硫磺 $S$	〇·〇五	.....	一·〇〇	〇·二二			
硫酸 $SO_3$	.....	二·七〇	一·二九〇	七·九六			
矽酸 $SiO_2$	二·七〇	.....	一·二九〇	七·九六			

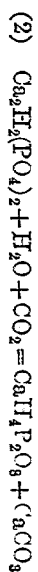
湯馬斯磷肥之磷酸難溶於水，故當初學者推想其形態當為磷酸三石灰。然據分析成績，其對土地之感應及其磷酸之有效率等觀之，始知其與磷酸三石灰異。蓋此種磷肥，依炭酸及其他弱酸，變其磷酸為溶解性，較磷酸三石灰（其粉末細度及磷酸含量與此種磷肥同者）為易。且加酸性檸檬酸銨液（Ammonium citrate）於磷肥，振蕩之，其磷酸殆全溶解，而磷酸三石灰則其溶解量極少也。赫耳金失多克（Helgenstoch）氏曾取磷肥之結晶

分析之，證明其結晶之爲磷酸四石灰  $(CaO)_4P_2O_6$ 。自是以後，此磷酸爲磷酸四石灰之形態者爲學者所公認。謂此磷肥之肥效，速於磷酸三石灰，且其磷酸易於溶解於炭酸水者，實磷酸四石灰爲之也。即磷酸四石灰與磷酸三石灰異，易爲炭酸水所分解，變爲磷酸二石灰。而磷酸二石灰又易溶於炭酸水，故爲有效性。



磷酸四石灰

磷酸二石灰



磷酸一石灰

然詳加研究，不能謂此磷肥之磷酸，確爲磷酸四石灰。何則？據精密之分析成績，此磷肥中之石灰，即控除其對於矽酸及硫黃之含量，並游離石灰之含量，生磷酸四石灰，尙綽有餘裕故也。且此磷肥中所含之結晶有兩種：一爲六面形之針狀體，自磷酸石灰與矽酸石灰之複鹽  $(CaO)_2P_2O_6 \cdot SiO_2$  而成，一爲方形板狀體，自磷酸四石灰而成。前者之磷酸對於炭酸或其他弱酸之溶解度，殆與普通之 Thomas 磷肥相同，而後者其溶解度遙低。由此等事實觀之，此磷肥之主成分非僅磷酸四石灰，而爲磷酸五石灰與矽酸石灰之複鹽者可以知矣。

此磷肥之肥效，雖不及過磷酸石灰，然以其易爲地下水所侵溶，優於自磷酸三石灰而成之諸種肥料。魏格蘭 (Wagner) 氏以炭酸水處理此磷肥，及磷灰土之粉末。前者溶解 36%，後者僅溶解 8%。更以檸檬酸亞母尼亞液代炭酸水用之，前者之溶解量達於 74%，後者不過 4%。此亦足證湯馬斯磷肥之有效矣。



據英國以色列司 (Ezekiel) 地方之試驗，施用湯馬斯磷肥之土壤，在乾燥氣候時，土中含有較多之水分，植物抗旱力較強，究其原因，由於 (a) 促植物根部之發達，可由底土吸收較多之水分，(b) 根部深，則有改良土壤物理性之效果，尤以黏土為著云。(五)

湯馬斯磷肥又因其粉粒之精粗異其肥效，魏格蘭 (Wagner) 氏用三種之此種磷肥 (其粉粒之大小異者)，及過磷酸石灰，就大麥，小麥，亞麻試驗之，比較其肥效，其成績如下。

表五十四 湯馬斯磷肥效能比較

成	分大	麥小	麥亞	麻平	均
過磷酸石灰	100%	100%	100%	100%	100%
湯馬斯磷肥之粉細者	六五	六一	五七	六一	
湯馬斯磷肥之普通者	五九	六一	五五	五八	
湯馬斯磷肥之粉粗者	一三	一一	二六	一三	

魏格蘭氏基此試驗成績謂 Thomas 磷肥百分中至少須有粒徑 0.2mm. 以下之細粉 75% 云。

### 三 施用法 (Application of Thomas slag)

湯馬斯磷肥在富於水分之土壤中效力極速。又其主要成分為磷酸及矽酸之石灰複鹽，故富於磷酸及石灰。且其中尚有游離石灰，益增其間接效能。此磷肥適於缺乏石灰之腐植土，黏土，及酸性土者，職是之由。而其肥效約

當過磷酸石灰二分之一。其用量宜比過磷酸石灰稍多。且此磷肥非速效性，宜用爲基肥。施之桑、果樹、豆科植物，及其他生長期較長之植物最適。又此磷肥宜先與堆肥或廐肥混合而後用之，蓋此磷肥之鈣能促進堆肥或廐肥之腐熟。而堆肥或廐肥分解時所生之炭酸，及其他酸類，又可增進此磷肥之肥效也。此磷肥爲鹽基性肥料。用之中性土壤時，與此當合用之氮氣及加里肥料，其合成反應以酸性爲宜。如硫酸銨及硫酸鉀，適於此目的者也。此磷肥中有游離石灰，其接觸硫酸銨時，能揮散其亞母尼亞，故此二種肥料宜隔數日分別施之。硫酸鉀與此磷肥混用之亦可。然此二種肥料之混合物閱時稍久，漸凝結爲球狀，致施用上諸多窒礙。故此等肥料混合後，宜即時用之，否則宜預加 2% 內外泥炭粉，或鋸屑以防固結。

### 第三節 其他加工磷酸肥料

(一) 湯馬斯磷肥之仿製品 (Artificial Thomas phosphate, or Basic slag-meal) 因湯馬斯磷肥之漸增加需要，及一般之樂用，於是利用磷灰石 (Apatite) 及其他磷礦直接製造之物，即與砂、石灰等混合熔融，所得製品頗與由鍊鋼而得之出品相似。可溶於檸檬銨液之磷約占全量百分之九十云。

(二) 威波磷肥 (Wiborgh phosphate) 長石碳酸鈉，及磷灰土 (Phos-phoric) 等混合，在 900—1000 度熔融，而得一種製品稱爲威波磷肥。其組成有如次式  $2\text{Na}_2\text{O} \cdot 10\text{CaO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 。可溶於檸檬酸銨之磷酸約百分之 21—27。在瑞士之泥炭土中施用特多，其效力雖遜於過磷酸石灰及湯馬斯磷肥，亦不失爲良好之磷酸肥料。

也。

(三) 吳德磷肥 (Wolters phosphate)：此係用粉細之磷灰土 100 份，硫酸鈉 70 份，碳酸石灰 20 份，砂 22 份，焦炭 6 份共入爐中使之熔融，傾入水中，再碎為粉末者也。此法製得之磷肥殆完全溶解於 2% 檸檬酸。其效用較之湯馬斯磷肥尚且過之無不及。僅屑遜於過磷酸石灰云。

(四) 白麥爾磷肥 (Palmer phosphate)：此法以過氯酸鈉或氯酸鈉 (Sodium perchlorate or Sodium chlorate) 之溶液，通以電流，陽極之酸性液與磷酸原料作用，迅速溶解，於是陰極之鹼性溶液，再行加入，磷酸二石灰因以沈澱，濾過即得，含磷酸百分之 36—38，其中 94% 能溶於檸檬酸銹。據瑞典之試驗，此種磷肥用之於泥炭土及砂土，其效能與過磷酸石灰約略相同云。

(五) 骨過磷酸石灰 (Bone superphosphate or Dissolved bone)

骨中之磷酸多為磷酸三石灰之形態，不溶於水。故以硫酸處理使為過磷酸石灰者有之。過磷酸石灰今雖概自磷礦製之，而最初使用之原料為骨。其製法先入骨粉於煉瓦或鉛製之器，加以適量之硫酸（比重 1.71）善攪拌之，則化學的變化漸起，骨粉變為泥狀之物質，俟其化學的作用終止時，乃移之他器乾燥而粉碎之。但為促進製造品之乾燥，混以骨灰，或骨灰末者有之。骨過磷酸石灰因加硫酸，其主要成分比之原骨粉較薄，其平均成分如下：

水分 13%，有機物 23.8%，氮氣 2%，檸檬酸可溶性磷酸 13%，不溶性磷酸 3.6%

凡以骨粉製過磷酸石灰，骨粉愈細製品愈優，若其骨粒大，則不能充分受化學的變化，製品中尚多含磷酸三

鈣，其品質亦因以劣。要而論之，骨粉所製之過磷酸石灰，以含有磷酸三鈣及游離硫酸少，而乾燥得宜者為優品。

(六) 沈澱磷酸石灰 (Precipitated calcium phosphate)

沈澱磷酸石灰者，以骨製膠時所生之副產物也。其製法先注稀鹽酸於新鮮之骨，以溶解骨中之磷酸及其他之礦物質物，乃濾過之。此液中含有多量之磷酸，加以適量之石灰，則磷酸與石灰全行沈澱，即磷酸二石灰也（此際石灰之用量若過多，則生不溶性之磷酸三石灰，故宜先檢定磷酸之量。算定石灰之用量。普通就磷酸100分加用石灰80分）取此沈澱物於乾燥器乾燥之，沈澱磷酸石灰遂成焉。

沈澱磷酸石灰，概自磷酸二石灰而成，其磷酸不溶於水，然溶解於檸檬酸銨液，其肥效雖較遲於過磷酸石灰，而尚不失為有效磷酸 (Available phosphoric acid)。用之於富於腐植質呈酸性反應之水田其效最著。

沈澱磷酸石灰之平均成分如下：

水	分	有	機	物	氮	氣	磷	酸	石	灰
	二七·七%		一一·六%		一·五%		一九·五%		二九·二%	

(七) 硝酸鹽過磷酸石灰 (Nitrate-superphosphate)

製造過磷酸石灰，亦有用硝酸以代替硫酸者，如此處變磷酸三石灰為磷酸，石灰外，更增加硝酸石灰之成分，較之硫酸石灰價值優矣。純粹磷酸三石灰100斤大約需要283斤純硝酸，可得76斤可溶性磷酸，106斤硝酸石灰。是此種過磷酸石灰不僅在磷酸之供給，氮氣亦同時兼而有之。運費減少，遠道購買者以此為經濟。然硝酸價

值常高過硫酸，此所以今之製造者，多用硫酸；若他日利用空中氮氣以製硝酸能較現時更廉價而出產多量之硝酸時，吾信硝酸工廠當設立於磷礦附近，而以硝酸製造過磷酸石灰也。

## 參考文獻

- 1 J. Fitch: The Manufacture of Chemical Manures, (1911).
- 11 Waggaman and Esterwood: Phosphoric Acid, Phosphate and Phosphatic Fertilizers, pp. 136-191 (1927).
- 11 Wheeler: Manures and Fertilizers, pp. 125-164.
- 四 川瀨惣次郎 肥料學三四二——三四三頁
- 五 Robertson, G. S.: Basic Slag and Rock Phosphate, Cambridge University Press, 1922, pp. 68-74.

## 第十三章 鉀質肥料 (Potassic Fertilizers) (一、二、三、四)

### 第一節 草木灰 (Straw and Wood Ashes)

草稈及薪炭燒後即變為無機質之灰燼，富於鉀磷及石灰，而有機物及氮氣，殆完全損失，草木灰之成分，視其原料如何大有異同，大抵草灰比之木灰所含加里磷酸及石灰少，含炭素及矽酸多。即同為木灰，亦不無差異。闊葉樹之灰比之針葉樹之灰富於加里及其他之肥料成分，幼稚之枝葉或莖幹比之其老成者灰少，而富於肥料成分。生葉之灰比之落葉之灰亦富於肥料成分，今示數種草木灰之百分中成分如下：

表五十五 草木灰之平均組成

類	別水	分磷	酸加	里石	灰
草	灰	三·一〇	二·一〇	四·五〇〇	三三·〇〇
木	灰	四·一〇	三·九〇	一·五〇〇	三三·〇〇
柴	灰 (廣州市)	—	二·九二	一·七四九	二六·一〇
闊葉樹	灰	五·〇〇	三·五〇	一·〇〇〇	三〇·〇〇

針葉樹灰	五·〇〇	二·五〇	六·〇〇〇	三五·〇〇〇
落葉松灰(黃花松)	—	一·四〇	二·〇四〇	—

由是觀之，木灰富於加里及磷酸，而又含多量之石灰。故其肥效非惟基於磷酸，加里，石灰亦與有力焉。草灰此等成分雖不多，而富於炭素，色黑，故能增高地溫。草木灰之加里，大部分為水溶性，概自碳酸鉀而成，其效速。而磷酸多為磷酸三石灰，難溶於水，其效緩。然草木灰視其原料之燃燒程度，溫度之高低，加里及其他成分異其百分量及溶解度。燃燒完全而為灰白色者，比之燃燒不完全，含炭化物帶黑色者，加里及其他肥料成分之有效量少。故欲舉塵芥及其他農場廢棄物而燃燒之，宜制限空氣之供給，或注以適量之水，以緩和其燃燒作用。

#### 草木灰之施用法：

- (1) 草木灰單獨施用，常直接撒布圃場，混入耕土。
- (2) 製造堆肥時，混合草木灰，可促進其腐熟。
- (3) 草木灰為速效性加里肥料，適於一切作物，而於豆科作物，根菜類及煙草為尤宜。
- (4) 其所含之碳酸鉀易溶於水，故施之於砂土時，宜與有機質肥料配用。但用於富於腐植之溼田，既能發揮其固有肥效，又可促進腐植質之分解。且有使土壤膨軟之效。
- (5) 不可與亞母尼亞鹽類混合，有損失氮氣之虞（如硫酸銹及腐熟人糞尿等），又與過磷酸石灰混合，使之變為不溶性，故宜分別施用。

(6) 以其爲鹼性，對於中性土壤，宜和酸性肥料施之。

## 第二節 加里鹽類之給源 (Sources of Kali Salts)

(1) 灰鹼 在未發現礦質鉀鹽以前，無論中外，鉀之唯一來源，係將草木灰溶於水，濾得之溶液蒸乾即成粗製之碳酸鉀 (Crude potassium carbonate) 西名 Potash 卽 Pot Ashes 之字根，取義於「盆內的灰」之意。富於吸溼性，再經煨燒，加硫酸使變爲硫酸鉀，則可免此弊。

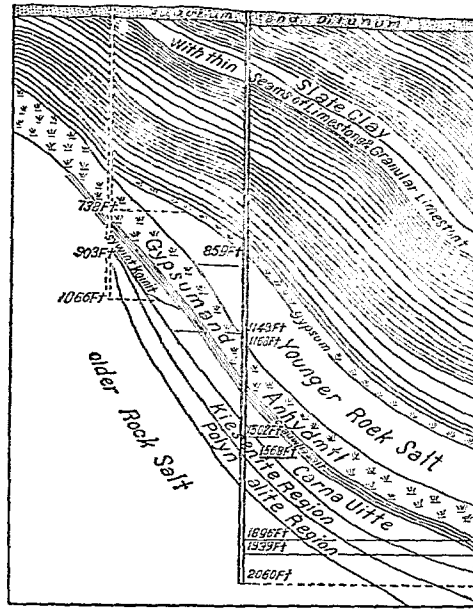
(2) 海藻灰 海藻灰中有名爲 Kelp 者，燒後殘餘之灰亦可得多少之硫酸鉀。

(3) 蒸發海水 (H) 死海 (Dead Sea) 之水含有可溶鹽類 (Soluble salts) 33% 其中 0.69% 爲  $K_2O$ 。製鉀之法，係將海水曝於日光，任其蒸發，初次結晶者爲食，除去之後再任其蒸發，遂得含水之氯化鉀，氯化鎂之複鹽，所謂卡勒爾乃特 (Carnallite) 者是也。現時尙未大規模製造。

(4) 斯他斯非特鉀礦 (Stassfurt deposits of potash salts) 爲世界最著名之鉀礦。礦牀厚達六百公尺左右，係因地質的變遷，內海與外海之連絡斷絕，海水因炎熱的氣候漸次蒸發乾涸而殘留各種之鹽類。據之估計，此等深厚之礦牀，須經一萬三千年之時間，方克致此云。各種鹽類隨溶解度分別沈澱，層層 (Layer by layer) 相重，即溶解度小之硫酸鈣 (石膏) 先沈澱，其上爲氯化鈉 (岩鹽)，再其上爲各種之加里鹽沈積層。今示斯他斯非特鉀鹽類之層位順序如次：



(圖解二十四) 斯他斯非特鉀鹽層剖面圖



三三三

- (a) 加勒爾乃特層 (Carne Urite region) 鉀, 鎂鹽類
- (b) 開夫乃特層 (Kierite region) 硫酸鎂
- (c) 坡力海乃特層 (Polyhalite region) 鉀, 鈣, 鎂之硫酸鹽
- (d) 巖鹽層 (Rock salt region) 食鹽
- (e) 石膏層 (Gypsum region) 硫酸鈣

即溶解度最大者居於上層, 溶解度最小者如石膏及硬石膏 (Anhydrite) 居於最下位。圖解 24 表示加里礦層。鑛區面積約 100 方哩, 含有鉀質化合物約 30,000,000,000 噸, 礦層深厚約 1000 公尺云。

(5) 阿爾撒夫 (Alsace) 鉀礦

除德國之斯他斯非特鉀礦之外, 西班牙及法國邊境 Alsace 地方之鉀礦亦甚著名, 其所有權往時大半操之於德國鉀礦公司, 現時入於法人之手。於一九〇四年最初發現, 一九〇八年起始開採。

阿爾撒失鉀礦存於地面下 1800 呎，氯化鉀厚約四呎，又氯化鉀與氯化鎂之混合層約十一呎。此礦所含鉀質比較斯他斯非特鉀礦品質為優，鑛區面積約四十方哩，存貯量約 1,500,000,000 噸，含有 22%  $K_2O$ 。

### 第三節 加里鹽類之性質 (Properties of Crude Potash Salts)

(1) 鉀瀉鹽，開乃特 (Kainit,  $MgSO_4, KCl, 3H_2O$  或  $MgSO_4, K_2SO_4, MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )  
 Kainit 為德國 Stassfurt 天然產加里鹽中最重要者。  
 其平均成分如次：

表五十六 鉀瀉鹽 (Kainit) 平均成分

硫	酸	鉀	二一·三〇%	氯	化	鈉	三四·六〇%
氯	化	鉀	二·〇〇	硫	酸	鈣	一·七〇
硫	酸	鎂	一四·〇〇	不	溶	物	〇·八〇
氯	化	鎂	一二·〇〇	水		分	一二·七〇

此中主成分為硫酸鉀，其加里之含量平均 15%，比之木炭中之鉀稍多。然因其多含食鹽，其價值反不及木灰。其純粹者為無色之結晶。然普通販賣品（即破碎粗鑛而製成者）概為灰色或混有黃赤色物。Kainit 含有氯

化鎂，故接觸溼潤之空氣，漸以凝固。且因其多含食鹽，足妨礙種子之發芽或幼植物之生長，故播種或移種之際不宜施之。

(二) 光鹵石，加勒爾乃特 (Carnallite,  $KCl + MgCl_2 + 6H_2O$ )

加勒爾乃特 (Carnallite) 之純粹品為自氯化鉀，氯化鎂而成之礦物。平均成分如次。

表五十七 光鹵石 (Carnallite) 平均成分

氯	化	鉀	一五·五%	硫	酸	鈣	一·九%
硫	酸	鎂	一一·一%	不	溶	物	〇·五%
氯	化	鎂	一一·五%	水		分	二六·一%
氯	化	鈉	二二·四%				

加勒爾乃特之純粹品為無色之結晶：自氯化鉀氯化鎂各一分子，與水六分子而成。約含加里 15%，然普通販賣品雜有他種物質，加里僅 9%，且其氯化物之含量較 Karait 尤多，故不宜多用之。

(三) 鉀岩鹽，攝非乃特 (Sylvanite or Hardsalt,  $KCl + NaCl$ )

Sylvanite 係氯化鉀，岩鹽，及開乃特之混合物，自 50% 內外之氯化鈉與 30% 內外之氯化鉀而成。天然加里鹽中含有最多量之加里者也。其平均之成分如下：

表五十八 鉀岩鹽平均成分

硫	酸	鉀	五·二%	氯	一	化	鉀	五·三%
氯	化	鉀	二八·三%	硫	酸	鉀	一·八%	
硫	酸	鎂	三·六%	不	溶	解	物	四·二%
氯	化	鎂	一·八%	水			分	三·八%

Sylvanite 雖富於加里而其氯化鈉之含量過多，施用宜加注意。

(四) 坡力海乃特 (Polyhalite,  $K_2SO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $2CaSO_4$ ,  $2H_2O$ )

Polyhalite 係硫酸鉀，硫酸鎂，硫酸鈣之複鹽，非結晶，灰白色，含有 15% 內外之加里，其成分之一例如次：

表五十九 坡力海乃特 (Polyhalite) 平均成分

硫	酸	鉀	二七·九%	食	鹽	三·五%
硫	酸	鎂	一九·九%	水	分	五·八%
硫	酸	鈣	四二·九%			

第四節 加工鉀鹽 (Manufactured Potassium Salts)

(1) 氯化鉀 (Potassium chloride)

氯化鉀又名 Chloride of Potash 或 Muriate of Potash 自 Carnallite 精製而成。Carnallite 除含有百分之十五至十六氯化鉀外，尚有其他不純物。欲精製之，乃溶解於水，蒸發使之濃厚，氯化鉀依結晶作用而與氯化鎂分離，如此所得之製品約含氯化鉀 70 至 75%，或加里 5% 左右。又氯化鈉約 21%。如再磨碎溶解，作第二次之結晶，則加里之量依精製之程度而遞增，氯化鈉遞減，故依鉀、鈉、氯化物之比例，可得分為甲乙丙丁四種。茲列表如下：

表六十 氯化鉀之成分

等	級	氯	化	鉀	加	里	(K <sub>2</sub> O)	氯	化	鈉	水	分	硫	酸	鉀	
甲	九七	—	九八	%	六四	〇	%	〇	·	五	%					
乙	九〇	—	九五		五六	九		七	〇		〇	·	五	〇	%	
丙	八〇	—	八五		五〇	〇		一	四	〇		一	一	〇		
丁	七〇	—	七五		四五	〇		二	一	〇		二	五	〇	一	
															·	七
															%	

市面販賣用作肥料之氯化鉀通常含鉀 50% 左右，皆含有 10-20% 之氯化鈉。故用為肥料，利害參半，今述其得失及其他施用之注意事項於下：

(1) 多用氯化鉀則妨種子之發芽，或害幼植物之成長。其害與多用食鹽同。然其有害作用，依作物而異。施

之乏於石灰之土壤或瓜類其害大。施之富於石灰之土壤或小麥其害小。

(2) 宜於播種前，或移植前數日或數星期用之，或俟植物之適度生長而後施之。

(3) 與土壤中之不溶解性碳酸鹽或鹼性物作用，生可溶性氯化物，以致石灰流失者有之。故用之普通土壤宜與石灰合施之，以防鹼性。

(4) 氯化鉀不適於煙草、甜菜及馬鈴薯，蓋用之則煙草之燃燒性與氣味不良。甜菜減其糖分，馬鈴薯變其澱粉之性質故也。

(5) 能吸引地下水於表土，有抵抗旱魃之效。用之卑溼地則有排水不良之勢。

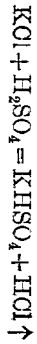
(6) 氯化鉀以其溶解度高，有擴散地中，分布均勻之效。

(7) 能於土中依間接作用，變磷酸及其他不溶解性養分為有效性。

由此觀之，含氯化鈉較多之加里鹽，價值雖較廉，而有使土壤變壞之虞，必須合石灰施用，費用上亦不得不增，最好選擇上等肥料用之。

## (二) 硫酸鉀 (Potassium sulphate)

在 *Chassfurt* 地方硫酸鉀之製造係以氯化鉀為原料，加硫酸後於反射爐 (Reverberatory furnace) 燒之，鹽酸以氣體飛散，化成物即酸性硫酸鉀也，以化學方程表之：



溫度繼續增高，酸性硫酸鉀與殘餘之氯化鉀化合，再生出一分子之鹽酸，最終固體之硫酸鉀以成。其變化可由下列方式明之：



由反射爐中取出之硫酸鉀成塊狀，必先粉碎而後可用。通常含加里 ( $K_2O$ ) 43.7%。硫酸鉀較之氯化鉀之肥效稍高，對於土壤無甚害，蓋植物需要硫黃以爲養料也。且經長時間在通氣不良之土壤中（因雨水連綿或排水不良所致），硫酸鹽頗易被細菌作用而還元，生出硫化氫，有時生成碳酸鉀。

施用硫酸鉀於富於石灰之土壤，由置換作用生硫酸鈣，此物溶解度較氯化鈣低，四百分水可溶解硫酸鈣一分，故土壤中石灰之消耗不如施用氯化鉀之速。

(三) 硫酸鉀鎂 (Potassium and magnesium sulphate, or Double manure salts)

此係硫酸鉀精製品之副產物，大約含硫酸鉀50%（即25至27%加里）及硫酸鎂34%，而無氯化物之存在。凡土壤之缺乏硫黃與鎂或須避免忌氯化物者，特別適宜，例如煙草是也。然土壤之富於鎂成分者，非所宜也。

(四) 碳酸鉀鎂 (Double carbonate of potash and magnesia)

此係一種含水製造品，但亦有乾燥而成粉末者，前者含加里18.5%及鎂氧19.5%，後者含加里24至27%及同量之碳酸鎂。據 Rhode Island 農事試驗場之結果，凡土壤之需要鹼性物質或含鎂之成分少，或因施用硫酸鉀與氯化鉀而土壤變酸性者，碳酸鉀鎂乃一種理想的鉀肥。

(五) 碳酸鉀 (Potassium carbonate)

此物由碳酸鈣與氫氧化鉀而成，用爲肥料者不甚多，然亦有用之於堆肥者。栽培煙草忌用氯化鉀，施用碳酸鉀以爲鉀之供給以爲常。據 Rhode Island 農事試驗場十七年間之成績，碳酸鉀對於任何作物，其效能均較氯化鉀爲優，尤以酸性之黏土或壇土爲著云。其組成約碳酸鉀 80%，碳酸鈉 5%，硫酸鉀 3%，及氯化鉀 3.5%。施用不可過多，因其有溶解腐植質及反凝作用 (Deflocculation)，惡變土壤之物理性質也。

第五節 其他鉀質肥料

(1) 棉實殼灰 (Cotton-seed hull ashes)

棉實在榨油之先，須脫去其表層硬殼，以供薪炭用；遺留於灰中之鉀約 12.5-25% 或 15-30%  $K_2O$  又 4.5% 磷 (7-10%  $P_2O_5$ )。然亦有磨爛而充家畜飼料者。

(2) 煙草廢棄物 (Tobacco waste)

煙草工廠之廢棄物如莖、葉脈、破碎之煙葉，有時利用爲尼可丁 (Nicotine) 之抽取，有時燒之爲灰以作肥料。此中含有不少之鉀質，氮素已經損失。若磨成粉末以爲肥料，雖其效力較緩，氮素得以保存，且有殺蟲之功用。論其組成頗不一致，大約氮素 2-3%，磷酸 0.5-1%，加里 5-10%。

(3) 糖廠廢棄物 (Sugar factory wastes)



製糖時所餘之糖液 (Molasses) 含有極豐之鉀，例如糖蘿蔔糖液中所含鉀質多至 38% ( $49\% K_2O$ )，大部分呈碳酸鉀之狀態，僅少量氯化鉀及硫酸鉀。此等殘餘之糖液在台灣、古巴、爪哇等地多用為製造酒精之原料，而以殘渣為肥料。次等糖液可直接施諸土壤，但一經發酵生出有機酸，宜與石灰並用。

(4) 海草 (Sea-weeds)

海草中含有  $1-3\% N$ 、 $0.5-1\% P_2O_5$ 、 $1-10\% K_2O$ ，故往昔莖稈及海草同為鉀之製造原料。沿海地方此等海草不少，當亦肥料之一也。其肥料價值除鉀外且供給多量有機質。

參考文獻

- 1 Van Slyke: Fertilizers and Crops, pp. 278-287 (1927).
- 11 Wheeler: Manures and Fertilizers, pp. 228-245 (1924).
- 13 Fritsch, T.: The Manufacture of Chemical Manure, pp. 314-356 (1924).
- 四 川瀨惣次郎著 肥料學五四九——五七五頁 (一九二二)
- 五 Hall, A.D.: Fertilizers and Manures, pp. 169-174 (1928).
- 六 Turentine, J. W. Potash, John Wiley and Sons, Inc. (1926).

## 第十四章 混合肥料 (Mixed Fertilizers) (1111)

由幾種之單純肥料配合而成，或用某種方法製成含有氮、磷、鉀三要素之二，或二以上之化學肥料，稱為混合肥料。

### 第一節 硝磷鉀 (Nitrophoska)

據一九二六年秋德國肥料雜誌載有所謂 Nitrophoska 肥料，為德國 I. G. 染料工業公司之製品，三要素之含量達 50% 以上，乃最濃厚之肥料也。該肥料雜誌並說明 Nitrophoska 中氮三分之一為硝酸態，與加里結合，三分之二為亞母尼亞態，與磷結合。就樣品觀查之，Nitrophoska 為灰白色之粉末，混有粗粒淺紅色之結晶。種類甚多，大都由磷酸二銻 (Diammonium-phosphate)，硝酸銻 (Ammonium nitrate)，尿素 (Urea)，氯化鉀 (Potassium chloride)，或硫酸鉀配合而成。各種不同之 Nitrophoska 以字母或號母表示之。運至東方者袋上加以種種之有色的字，使一望而知。

名	稱	發上顏色	
		氮	狀
		N	NH <sub>3</sub>
			態

Nitrophoska	I	黑	一一·三%	六·三%
Nitrophoska	II	藍	九·七	五·三
Nitrophoska	III	紅	一一·五	五·〇
Nitrophoska	A	綠	一三·四	一·六
Nitroloska	B	綠	一〇·八	四·七

表六十一 硝磷鉀分析表

肥料符號	分析公式(%)				肥料公式(%)			
	N <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	KCl	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
I	一七·五	一三·〇	二二·〇	二四·〇	三五·〇	三五·〇	—	
II	一五·〇	一一·〇	二六·五	二〇·〇	三〇·〇	四二·〇	—	
III	一六·五	一六·五	二二·五	三一·〇	二九·〇	三四·〇	—	
A	一五·〇	三〇·〇	一五·〇	五六·〇	九·〇	二四·〇	—	
B	一五·五	一五·五	二九·五	二九·〇	二七·〇	—	三六	

運入我國者稱爲合和肥田粉，屬 Nitrophoska III，含有 16.5% N，16.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 及 21.5% K<sub>2</sub>O，因價值較硫酸銨昂，又富於潮鮮性，不受農民歡迎，已不見其行銷矣。

又有所謂銹磷鉀 (Amnophoska) 者，乃磷酸銹與磷酸鉀之各種混合物也。硫酸鉀與磷酸一銹為可溶性鹽類之最難吸收潮氣者，故此種混合物，在天氣潮溼之處亦可隨便使用，不若其他可溶性肥料容易黏結，致難於施用。儲藏之時在同一潮溼度下，銹磷鉀比其他可溶性肥料不易結塊，現時市場所售者為粉狀，非顆粒狀。

表六十二 銹磷鉀組成之表示

名	稱	分 析 公 式 ( % ) 肥 料 公 式 ( % )			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> ClPO <sub>4</sub>   (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Amnophoska	I	11	24	11	39
Amnophoska	II	10	20	15	34
Amnophoska	III	10	30	10	21

路那磷鉀 (Leuna phoska) 此與 Nitrophoska 相似，製造時以路那硝 (Leunasalpeter) 代替硝酸而得之產物，含有氮氣 13.2%，磷酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 10%，加里 (K<sub>2</sub>O) 13%。所含氮氣呈亞母尼亞態，多半為硫酸銹，故其副作用帶酸性。

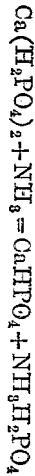
### 第二節 磷酸銹 (Amnophos or Ammonium Phosphate)

過磷酸石灰本具酸性，昔時常用石灰石粉末，氰氨基化鈣 (Calcium Cyanamide) 等鹼性物以中和之，亦

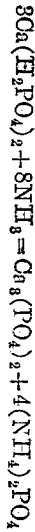
有人知道可用亞母尼亞，因價值太貴，不能實行。自空中固定氮氣合成亞母尼亞之方法成功以後，得以廉價生產，理想之事實遂成。劣等之磷礦含磷成分低者，用多量之硫酸抽出其可溶部分，濾去殘渣，再加礦粉反覆行之，使成濃厚之磷酸溶液，於是通入亞母尼亞氣體使其中和，蒸乾即成磷酸銹。亦有將過磷酸石灰與硫酸銹混合堆積，經發熱後而變成磷酸銹，所謂“Based superphosphate”或“Based ammonium sulphate”是也。如此所成之磷酸銹初成硬塊，經粉碎後，即可單用或與他種肥料混用。因磷酸與銹化合物比例不同，通常有兩種：

名	稱	NH <sub>3</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
磷酸一銹	(Mono-Ammonium Phosphate)	12.1	61.71
磷酸二銹	(Di-Ammonium Phosphate)	11.5	53.76

磷酸銹為白色結晶，第二種較第一種安定，但在溼潤之空氣中其純粹者仍不免有多少之分解。磷酸銹亦有用一定量之液體亞母尼亞者，其變化如下：



如再加更多量之銹，則磷酸二鈣漸變為磷酸三鈣，同時得磷酸銹，過磷酸石灰中本含有硫酸鈣，與磷酸銹起作用，成磷酸銹與磷酸三鈣。



路那磷 (Lennaphos) 係路那硝與磷酸之化合物，含 20.5 % 之氮氣，及 15 % 磷酸。

美國撒那埋公司 (American Cyanamid Company) 出產者，其商品名稱爲安福粉 (Ammo-phos)。貯藏時無結塊之弊，且加入別種肥料，以除結塊，並可與他種肥料配合，以成任意之分析程式 (Analytical formula)。(參看表七〇) 在尋常溫度之下，安福粉無論於乾燥或溼潤之氣候，極爲安定，即熱至攝氏一百十五度，亦無損失亞母尼亞之虞。美國所製者亦分兩種：

第一種 (Grade A) N. 11.0% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 48%

第二種 (Grade B) N. 16.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20%

磷酸銨所含之氮素爲銨態，故不易流失，其磷酸因與銨化合，故其溶解度較過磷酸石灰爲大。據陳方濟先生在上海真茹中華農學會農事試驗場小麥鉛筒試驗（面積 1/9700 畝）之結果如下：

表六十三 磷酸銨之效力比較

區	別種	子	種	全	收	量	種子與種比較
不施	燒酸區	四·五二	一〇·三〇	一四·八三	二〇·六四		
過	磷酸鈣及硫酸銨區	二一·九〇	三三·六六	五五·五六	一〇〇·〇〇		
施用	Ammo-phos A 區	二二·七六	三四·三二	五八·〇一	一〇八·四六		
施用	Ammo-phos B 區	一九·八四	三八·三六	六八·二〇	一三七·一三		

就上列之成績觀之，磷酸銨之肥效，可括述如次：

- (1) 磷酸銨之肥效較過磷酸石灰及硫酸銨之混用者為優。
- (2) 不論施於水田或旱地，俱有效力。
- (3) 磷酸銨兼有氮氣及磷酸，較之其他僅含一種成分者效力自大。
- (4) 因不含有加里，宜於鉀質肥料配合，尤以特需鉀肥之作物如大麻，棉花，煙草，甘蔗等為要。
- (5) 大都帶吸溼性，故貯藏中須防溼氣。又不可與石灰氮氣，草木灰，石灰等混合施用。
- (6) 完全為無機肥料，須攪用堆肥，綠肥等有機物，其效果乃大。又甚濃厚，亦如其他化學肥料宜分數次施用。

### 第三節 硝酸鉀及硝酸銨鉀 (Potassium Nitrate and Potassium Ammonium Nitrate)

(1) 硝酸鉀含氮氣 13.85%，易溶於水，鉀與氮二元素皆效力甚速，價值昂貴，通常用為火藥及其他工業原料，用為普通肥料殆不甚多。除氮氣外，尚含有 36.5% 之鉀，雜質 1.10%，通常為硫酸鈉及氯化鈉。

硝酸鉀產地為印度及非洲，稱為 *Niter* 者是也。產地因有機質物經久而變為硝酸鹽，土面現白色，用水淋之，蒸發即得其結晶云。

一八五三—一八五六年克力明 (Crinman) 戰爭時代硝酸鉀大感缺乏，遂創人工植硝法，由政府研究之結果，知各種有機物如糞，糞尿，腐爛動物，與石灰相和，在適當溫度水分之下，堆積成阜，勿使雨淋，日久分解完全，

與硬木灰相和，加水取其汁，即得硝酸鉀溶液，每一立方公尺能產硝酸鉀五公斤。在北歐天氣，有機物分解完全，須滿一年之久云。

我國北方各省，亦多產硝酸鉀之地，如河南歸德屬之虞城，夏邑，商邱，睢州，甯陵，考城等縣皆產之，俗稱火硝。業火硝者必先存土，掃取馬廄，廁所，豬圈等牆隅之鬆土堆積之，經一年或一年以上，使硝化作用完成，後將硝土四份，豆稈灰一份，在地拌勻送入大缸中，用水淋之，再將淋得之濃液，入鍋煎濃，使火硝結晶。分析詳見黃海化學工業社河南土硝之調查。今將該社河南硝土之分析抄錄如下：

表六十四 河南硝土之分析

成	分	開	封	潘	口
硝	酸	鉀	一·七五%		一·九二%
硝	酸	鎂	〇·八五		〇·五四
氮	化	鎳	一·九七		二·五六
炭	酸	鈣	一一·二二		一〇·四七
殘		渣	七四·六五		七六·六八

(2) 硝酸銨鉀 (Potassium Ammonium Nitrate)

硝酸銨鉀為硝酸銨與氯化鉀之混合物，其配合量與分子量約相等，雖製造法頗多，普通將烘乾之氯化鉀與



硝酸銨混合後磨細之即得。

德國所製之硝酸銨鉀稱爲鉀銨硝 (Kaliummoslpeten) 含有全氮氣量 16% 可溶於水之氧化鉀 28%。法人所製者爲 Nitropotase, 含全氮量 16.5%, 可溶性之  $K_2O$  25%。

此外各國配合之肥料尙多, 不贅述; 總之混合肥料價值較昂, 因於配合時摻入一部分之添加物, 以增其重量, 同時加多手續費, 以償其勞力也。又一種之混合肥料僅適於某種土壤氣候之下, 對於某種作用爲有效, 決非「萬應散」到處適宜, 應斟酌地方情形, 本諸試驗結果自己配合, 價廉而收效宏 (參看第十七章第六節)。

#### 參考文獻

- 一 陳調甫 人造氮氣肥料, 工業中心, 第二卷, 第八期。
- 二 陳方濟 新肥料 Nitropotka 之解說, 中華農學會報。
- 三 見浙江建設月刊, 第五卷, 第七期, 二十一年一月。
- 四 J. Fritsch: The Manufacture of Chemical Manures, pp. 142-150 (1911).

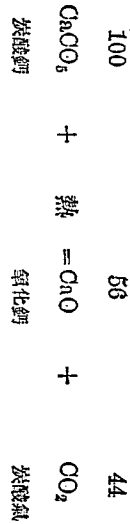
## 第十五章 石灰及其他間接肥料 (Lime and Other Indirect Fertilizers) (LIME)

所謂間接肥料者，乃無論何種物質，施於田園，不因其養分之供給，而因其有改良土壤性質之效能，間接助作物之生長或增加出產，此種物質亦可名之刺激劑，因其施用可以使土中不溶性植物營養料變為可溶性，或利於作物之繁茂，依各物質之特性而有不同。石灰除中和土中酸性外，其所含鈣之成分亦為植物與細菌所需要者。茲就石灰、鈣之化合物，及其他間接肥料分別言之如次：

### 第一節 石灰及其化合物 (Calcium or Lime Compounds)

鈣為土壤中最普通之成分，常與各種元素化合，吾人用為間接肥料施於土壤者有氧化鈣，氫氧化鈣，碳酸鈣，硫酸鈣諸種。此外用為直接肥料者如過磷酸石灰，草木灰，湯馬斯燐肥等亦含有鈣之成分。

(一) 氧化鈣即生石灰，純粹品含有鈣百分之七一·四，氧氣二八·六。在不純粹品有種種名稱，即生石灰 (Lime)，燒石灰 (Burnt Lime)，苛性石灰 (Caustic Lime)，塊狀石灰 (Lump Lime) 等是也。不問其名稱如何，皆由石灰巖或含碳酸鈣之物質如貝殼等，加高熱驅除碳酸氣所殘留之固體。



由此可知純粹碳酸鈣百分，可得五十六份氧化鈣；然普通石灰巖或其他物質，多含有不純物，故依原料之品質不同，所含氧化鈣量亦有多寡。又因燒製石灰時溫度之高低，變化完全與否，嗣後吸溼或乾燥程度，而異其含量。茲就最普通所用之燒石灰略言之。

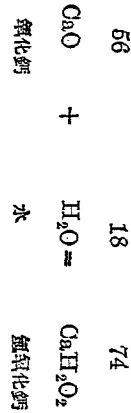
(A) 塊狀石灰 此係由普通之石灰巖，加熱煉燒而成。上等者約含氧化鈣 90 至 98 %。

(B) 含鎂石灰 (Magnesium stone lime) 石灰巖有含碳酸鎂者稱為含鎂石灰巖，由此製得之石灰，通常含 85 至 88 % 氧化鈣，及 10 至 15 % 之氧化鎂。含鎂較多之石灰，加水分解往往不如通常之迅速云。

(C) 殼灰 (Oyster-shell lime) 牡蠣殼或其他介殼含有碳酸鈣百分之九十至九十五，燒製得當，石灰品質亦頗良好，含氧化鈣百分之八五至九五。

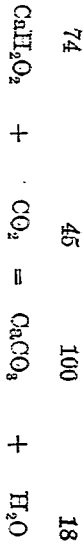
除上列各種石灰外尚有所謂 *Gas-lime* 者，乃製造煤氣時，用燒石灰以除去煤氣中不純物之廢棄品。如此用過之石灰非為氧化鈣，而變碳酸鈣或氫氧化鈣，且其中所吸收之不純物，如亞硫酸鹽及硫化物，對植物種子有防礙發芽之弊。惟此種有害作用，一經暴露於空氣，則其害自除。故凡用此種石灰宜暴露於空氣，使其充分氧化，而後施之土壤。

(11) 消石灰或氫氧化鈣 (Calcium hydroxide or Slaked lime) 氧化鈣或燒石灰加水遂變粉狀之消石灰。100磅氧化鈣與三三磅水相化而成133磅氫氧化鈣。以化學方程式表之如次：



由此可知氫氧化鈣乃氧化鈣加水而成。換言之含24.3%水與75.7%氧化鈣。消石灰大都為粉狀，然加水過多，或分解不完全，則成粒狀。又上等燒石灰所含雜質在百分之十以下者，較含雜質多者，或含鏷之石灰，加水分解完全。同時容積增加二至三倍，但重量則與未加水以前同。然重量之差又以石灰之組成及用水之多寡而定。石灰與水混合成乳狀者稱石灰乳 (Milk of lime)。溶解於水而成清澈之液者曰石灰水 (Lime water)。

消石灰或氫氧化鈣從空氣中易吸收碳酸氣，而漸次再變為碳酸鈣。普通消石灰，並非純粹之氫氧化鈣，而為碳酸鈣之混合物。



燒石灰露於空氣中亦有同一作用而變為碳酸石灰之趨勢，所謂氣化石灰 (Air-slaked lime) 是也。



(三) 碳酸石灰 (Calcium carbonate)

上等石灰石 (Lime stone) 及大理石 (Marble) 約含碳酸石灰百分之九五至九八，介殼類所含碳酸石灰量頗不一致。石灰石粉 (Ground limestone) 為施用田地中之主要碳酸鈣物質，介殼粉亦甚普通，其純良者含碳酸鈣百分之九十八云。

(四) 硫酸鈣 (Calcium sulphate or Gypsum)

硫酸鈣之含物普通稱為石膏。上等者約含氧化鈣 32.5%，硫酸 46.5%，又水 21%。加熱除去水分後則成粉狀，所謂 Plaster of Paris 是也。以成分言：三一〇斤之含水石膏與一〇〇斤之氧化鈣相當，故其效力亦約當三分之一。至於次等之石膏含有種種不純物，故鈣之成分亦少。石膏之上等者，約含硫酸鈣百分之九五，劣等者僅 50% 而已。要而言之，以供給土中鈣之成分為目的者，除特別情形外，可以石膏代之，專以石膏為間接肥料者甚鮮。施用過磷酸石灰，其副成分即含水石膏，每千斤中含有三百餘斤之含水石膏，隨磷肥而加入土中云。

由上列各種石灰物質觀之，如欲供給生石灰 (CaO) 百斤中所含之鈣於土壤，其相當量在消石灰 (Ca(OH)<sub>2</sub>) 需要一三〇斤，石灰石 (CaCO<sub>3</sub>) 一百八十斤，石膏三一〇斤。故依此標準以決定何種石灰物質需用若干實為必要。

第二節 石灰之效用

施用石灰若得其當，可以改良土壤之物理的，化學的，及生物的性質，使作物生產增加；反之則呈有害作用，尤以施用多量燒石灰為甚。茲就下列數端言之：

(甲) 化學的影響 直接有益化學的影響，第一，使不溶性營養料變為可溶性，如磷與鉀之化合物其著例也。第二，變有害物質為無害，或中和土壤酸性，以便植物之繁育。

(a) 對於不溶性鉀質化合之作用 施用石灰最顯著之功用，在鈣與鉀交換，使不溶性之鉀變為可溶性，而鈣另成一種新化合物。此種作用依土中鉀之化合物種類與含量而不同。大凡黏土比之砂土富於加里成分，石灰之影響亦大。用之於砂土則不甚著。石灰之影響又可於作物之生長測之，豆科植物需用石灰及加里較多，良好生長可於施用石灰之後見之。

(b) 對於不溶性磷酸化合物之作用 氧化石灰及碳酸石灰可以使土中之磷酸化合物變為較易溶解之狀態；蓋土壤中石灰缺乏，而富於鐵鋁者則磷酸概為鐵鋁之化合物，此為最難溶解者，因之植物亦不易利用。為免除此難溶性鐵鋁化合物之生成起見，最好多施石灰，使變為磷酸三石灰，雖仍係不溶性，而與這鐵鋁化合物較則遠勝之。或以施用過磷酸石灰之後，不宜再用石灰，以致還元而減少肥效。然過磷酸石灰在土壤中終必變為磷酸三石灰，而成微細之粉粒，散布土粒間，遠非普通磷酸三石灰粉末可比，故遇適當機會供給植物之利用亦甚速也。

(c) 中和酸性 土壤中因鹼性物質之缺乏或酸類之存在而變為酸者，對於植物之生長大足妨礙，除石膏(Gypsum or Landplaster)外，無論何種石灰皆可中和，使土壤適於細菌及植物之繁育。

(d) 免除毒質 除無機酸及有機酸在土壤中呈有害作用外，鎂之化合物或他種有機化合物質量聚集時，均屬不利，惟施用石灰之後，變為無害之化合物，有時可溶性之鹼質，亦因之變為無害之鈣化合物。例如黑鹼土中主要成分為碳酸鈉，在乾旱區域為害最甚，然施硫酸鈣（即石膏）則變為無害而有益之碳酸鈣，及較難溶解之硫酸鈉，其毒害自免。



(e) 使有機質容易分解 有機質豐富之土壤，含氮氣亦多，然泥炭土有機質分解異常緩慢，氮氣亦歸無效，施用石灰之後，可以促有機質之分解。

(f) 營養料之經濟 據之試驗，土壤之富於石灰者，較缺乏石灰之土壤，植物對於三要素之需要較少云。  
 (g) 硫酸鈣對於碳酸銻之關係 碳酸銻常由土壤揮發而出，若土壤中施以硫酸鈣則變為硫酸銻而固定，鈣變為碳酸鈣亦甚有利，然燒石灰（CaO）及消石灰  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  效能全異，使亞母尼亞揮散而損失。故此等物質不宜於亞母尼亞態氮化合物混合，碳酸鈣則無此弊。

(h) 石灰之有害作用 上述種種皆為石灰對於土壤有益方面，但用之不得當，往往消耗地力，使土壤瘠薄，變為石田者有之。西諺云：『用石灰不用糞使父富而子貧，』乃濫用石灰之警語也。茲就其主要者分述如下：

(1) 有機質之損耗 施燒石灰或新鮮之消石灰過多，有機質之分解損失異常迅速，尤以砂土為甚，其結果使土壤理學性質不良。然據盤色凡里亞 (Penney-Yarling) 四十年之試驗結果，燒石灰對於土中有機質並無何

等不良之影響，且土中氮氣含量較之不施燒石灰者大有增加，其效力殆與磨細石灰石粉 (Ground limestone) 無異，是燒石灰有損耗土中有機質之說未盡可信也。(七)

(2) 硝酸鹽之損失 施用過量之石灰，土壤中硝酸鹽之生成速率超過植物吸收利用之速率，則硝酸鹽類常隨地下水或雨水而流失。

(3) 因施用硫酸鈣而增加土壤之酸度 此物鈣之部分易隨水流去，殘留之硫酸與土中鹼體物質化合，如硫酸之量因施用石膏而繼續增加，則土壤之酸度愈增。其作用恰與他種石灰物質相反，除特別情形外，不可妄用。

(4) 使土中燐鉀二成分消耗過速，如無相當肥料加入，甚為危險。

#### (乙) 生物的影響 (Biological Effects)

(a) 石灰物質與植物之生長 石灰之影響可於植物生長上求之，大凡豆科作物，尤以紫雲英紫苜蓿等，僅於土壤中含有豐富之石灰質時，方能生長良好。其他作物如反應不適宜亦往往生長不良。如土壤呈酸性則有礙其生活而利於雜草之繁茂，如酢漿草，木賊草之類是也。

據大工原之說，依作物抵抗酸性力之強弱，得分為次之五種：

抵抗力最強者

水稻，陸稻，燕麥。

抵抗力強者

小麥，粟，玉蜀黍，蕎麥。



抵抗力稍強者

油菜, 蠶豆, 蕃茄, 萊菔, 麥藍。

抵抗力弱者

茄子, 辣椒, 豌豆。

抵抗力最弱者

大麥, 萵苣, 紫雲英, 大豆。

表六十五 各種作物所適宜之 pH (註) pH之解釋見第十六章章末

作物名稱	稱適宜 pH 價	作物名稱	稱適宜 pH 價
波蘿 (Pineapple)	五·六	核桃 (Walnut)	六·八
芹菜 (Celery)	七·八	亞麻 (Flax)	六·七
花生 (Peanut)	五·六	紫苜蓿 (Alfalfa)	七·八
蘿蔔 (Turnip)	六·八	甜三葉草 (Sweet clover)	七·八
辣椒 (Garden pepper)	六·八	菸草 (Tobacco)	五·六
茶樹 (Tea)	五·六	豌豆 (Garden pea)	六·八
柑橘類 (Citrus)	六·八	梨樹 (Pear)	六·八
咖啡 (Coffee)	四·五	小麥 (Wheat)	六·八
大豆 (Soy bean)	七·八	西瓜 (Water melon)	五·六
棉花 (Cotton)	六·八	荔枝 (Litchi)	六·七
大麥 (Barley)	六·八	馬鈴薯 (Potato)	五·六

由此可見除茶、咖啡、花生、菸草、波蘿、西瓜、馬鈴薯等少數作物外，大多數之蔬菜、果樹及普通農作物均適於 PH 6-8 之反應，故於缺少石灰或酸性土壤，宜施以相當量之石灰，以改正其反應。

(b) 對於土壤微生物之關係 某種微生物在酸性土不能繁殖，施以氫氧化鈣或碳酸鈣後，則促進其生活機能；(1) 有機質易於腐敗分解；(2) 增進硝化作用；(3) 使土壤適於根瘤菌之繁殖；(4) 遊離氮氣固定菌 (*Bacteria capable fixing atmospheric nitrogen*) 之繁殖。

(c) 對於植物病害之關係 白菜蘿蔔等蔬菜作物，常因一種病害所謂 "Finger-and-toe" 者，致根部腐爛而死，此種病害僅於酸性土見之，施用石灰之後則可免除。

(d) 對於生物之有害作用 施用過量之苛性石灰 (生石灰或稱燒石灰) 使土壤呈強鹼性，足以妨礙某種細菌作用。用過量之硫酸鈣則使土壤呈酸性亦為細菌及其他生物之所忌。分別言之如次：

(1) 妨害硝化菌及腐敗菌之生長 在強鹼性之土，硝化菌及腐敗菌之繁殖均為之停止。俟苛性石灰在土中變為碳酸石灰之後，鹼性弱時始恢復原狀。

(2) 害作物品質 馬鈴薯不喜石灰，若土壤因施用石灰而變為中性或鹼性時，則馬鈴薯之表皮生疥疤，有礙外觀，影響售價。西瓜及其他作物亦有不喜石灰，在酸性土反得良好之收成云。

### (丙) 物理的影響

施用石灰之後，可以減少黏土之黏性，增進疏鬆程度，利於耕種，水分空氣較易流通，孔竅增多，不但植物之根

部易於伸長，便於硝化作用之進行，而地面侵蝕之患，亦因之減少矣。至於砂土及礫土，因石灰之施用，孔竅之一部爲之充塞，散漫之砂粒得以團結，保水力增加。又所謂石灰能與土中矽鋁等質化合而成一種 *Nodules* 化合物者，土性既以改良，土中鉀質及其他養分均賴以保持而免於流失云。然過量之石灰，燒石灰，常足使土壤硬固惡變，尤以砂土及缺乏有機質之土壤爲甚。在溫暖之氣候下，須注意及之以常用有機質以調劑之爲得策。

泥炭土或有機質土壤施以一層之石灰，表層甚易乾燥，保水力弱，植物受害不淺，是宜混合均勻深入土層，則無害而有益矣。

### 第三節 石灰之施用（五）

土壤因含無機酸或有機酸而成酸性，或因土中鹼性物質之缺乏，以致多數農作物生長不良時，必須中和而後可。最適宜之物質當推石灰，因其價廉效宏，非其他物質可比。

（A）施用石灰與否之判定

（1）歷特瑪斯紙酸性試法 (*Litmus test for soil acidity*)

藍色歷特瑪斯試紙因酸而變爲紅色，其反應之快慢及紅色之濃淡，以酸度之強弱而定。通常溼潤之土壤足以使藍色試紙變爲紅色者，即爲缺少石灰質及酸性之證。雖施用石灰之後，少數作物無甚影響，而大多數均得良好結果。此法簡單易行，但其酸度強弱與石灰需要量不易決定。

(2) 亞母尼亞試驗法 (Dilute ammonia test)

游離狀態之有機酸及無機酸或二者之鹽類，存在於土壤而成酸性，可以下列方法試之：取土壤少許置潔淨之玻璃杯內，加水至杯容量之半，注入濃氫氧化銦約十立方公分，靜置數小時，若溶液變黃褐色或黑色者即酸性之表現。如土中有適量之石灰得以化合而成一種鈣化合物，不因亞母尼亞而變色。此種黑色溶液與堆肥之溶液相似，若加以石灰又可澄清，黑色物沈澱下降。

(3) 作物生長之觀查 前項酸性之試驗簡單迅速，同一土壤用兩種方法試驗之後，可得酸度強弱大概之觀念，但往往難於精確不甚可靠，最好栽培避免酸性土之作物如玉蜀黍，辣椒，紅三葉草等以試其生長暢茂，即選擇土質平均之地二小區，施以同樣肥料，其有石灰與不施石灰者，作比較觀查，如在無石灰之區，此等作物生長不良，或最初繁茂而逐漸衰弱，甚至死滅者，皆缺少石灰而變酸性之證。

(4) 石灰需要量之判定 石灰需要量者，即某一定面積之土壤，究應施用若干之石灰以達於中和點或適於某種作物所要之石灰量也。方法甚多，現時尚無完善可靠者，依氫離子電極測定法 (Hydroquinone electrode method) 求得 pH 價後，再以石灰水滴定，以達各該物所適宜之酸度，為最通用之實驗室法。最簡便經濟而有相當價值者，當推康柏法 (Combar's method) 或愛麥生法 (Emerso's method) 前者適於乾燥土壤，後者乾溼均可。

a. Combar 試液：95%酒精 1000cc. 加 KCNS 40g，搖盪使其溶解，備用。

b. Emerson 試液: Acetone (丙酮) 900cc. 加 Fisher (乙醚) 100cc. KCNS 10g. 溶解後備用。

試法: 取供試土置試管內約三分之一, 注藥液至管之一半, 以手指捫管口, 急上下振盪, 靜置約十分鐘, 如土壤係酸性則澄清液現紅色; 依其紅色程度, 即可大略判定石灰之需要量。無色者以○代之; 一, 二, 四, 五, 等字代表其紅色之濃度; 一, 微紅色; 五, 紅黑色。

表六十六 酸度與石灰需要量

酸	度		色	pH相	當	價	石灰需要量	每市畝	CaCO <sub>3</sub> 斤數
	酸	顏							
無	酸	〇	(無色)		七				不施
極弱	酸	一			六·七				一〇—二〇
弱	酸	一			五·六				二〇—四〇
中	酸	三			五				四〇—八〇
強	酸	四			四·五				八〇—一六〇
極強	酸	五			四				一六〇—三二〇

上列數字係每年必用之數量, 如用消石灰 (Ca(OH)<sub>2</sub>) 約減上述量四分之一。在廣東情形每畝每造水田約施用消石灰五十斤至二百斤, 與上列所示之石灰量比較, 與理論相近, 但北江各縣大都用石灰過多。要之, 施用之多寡應依土質, 作物, 石灰之種類等而有差別, 宜斟酌地方情形而定。

(a) 土壤性質 輕鬆或砂質土壤石灰之施用量常較黏土少，礫瘠之土常較肥沃者少。在歐美通常四年或五年施用一次即可，故應依地方氣候，習慣等而定。

(b) 作物種類 某種作物對於石灰多寡無顯著之影響，某種因施用石灰而得好生長，某種宜不喜石灰，故吾人得依其種類而決定之，大多數作物均因石灰而得較好之結果，除燒石灰及消石灰不宜多用外，碳酸石灰雖一時用量稍多亦無大礙。

(c) 石灰之種類 就化學上言，氧化鈣五十六，氫氧化鈣七十四與碳酸石灰一〇〇相當。上列石灰需要量以碳酸石灰為標準，如用氧化鈣（生石灰或稱燒石灰）或氫氧化鈣（消石灰或稱熟石灰）時，則不能不依此比例減其用量。求若干斤消石灰等於碳酸石灰之相當量，以 $\frac{1}{100}$ 除燒石灰之斤數，求若干斤消石灰等於碳酸石灰之相當量，以 $\frac{1}{100}$ 除消石灰之斤數即得。

(B) 何時宜施用石灰 施用石灰之時期，依種種事情而定：

(1) 以農家之便利言之，春季，較秋季為普通。

(2) 以輪栽次序或作物種類言，通常將石灰施諸需要石灰最切之作物，例如播種豇科作物之前，或施用綠肥之後。

(3) 苛性石灰或消石灰最好於秋季用之，異春再行播種，既有改良土性之利，又可免妨礙種子之發芽，蓋經此長時間苛性石灰已變為緩和無害之碳酸石灰也。然無論春秋如散布苛性石灰於旱田之後，再仔細耙勻，如

施用量不過多時，在嚴密注意之下，大多數作物之種子，均可免無害。如土壤酸性極強在春季下種之前，用苛性石灰或消石灰，反而有利。

(4) 如施用亞母尼亞態氮氣肥料，可欲用苛性石灰時，最好於下種及施肥前兩星期用之。又廢肥在各種土壤尤以砂質土為施用苛性石灰後不可少之物，以增加其有機質也。

(C) 用何種石灰 石灰之種類及性質各有不同，已如前述，究宜用何種石灰，當依下列情形而定。

(1) 價值廉否 交通不便或本地無石灰巖，則唯一價廉之石灰為燒過之塊狀石灰 (Burned Lump-lime) 因其每百斤中較任何種石灰所含鈣之成分為多，五十六斤即可抵一百斤碳酸石灰也。如本地有石灰巖之出產，磨成粉末而後用最為適當。如用燒石灰必加水使成細末而施之。

(2) 土壤性質 砂質土壤或缺少有有機質之土壤，每畝最多用燒石灰一百斤，蓋此種石灰損耗有機質最速，有惡變土壤之虞，以石灰石粉 (Ground lime stone) 最為安全。至黏重之土壤，含有有機質較豐，燒石灰每畝每年一百斤至二百斤亦無大害。

(3) 作物之種類 某種作物受鹼性之惡影響最速者，以碳酸石灰為上選。某種作物需要中性或微鹼性之土壤者，施以少量之燒石灰或消石灰均可。

(4) 反應之遲速 苛性石灰 (即燒石灰) 撒布於土中後，先變為加水石灰 (Water slaked lime) 而後顯其化學效能，故適當加水之石灰，其粉末之微細遠非磨細之石灰或燒石灰可比，分布土粒間異常均勻迅速，亦

非他種所可望其肩背。施用石灰繼以雨水則變爲氫氧化鈣之部較多，效力甚速，雖日久必變爲碳酸鈣之狀態，在其未全變之前不能不認爲最速效者也。

(5) 粉碎之程度 苛性石灰或塊狀石灰必先加水使成粉末然後容易散布土粒間，已如前述。粉碎之石灰（即碳酸石灰）往往不如良好加水石灰之細勻，故欲求石灰石粉末效力迅速者，至少百分之七十五須通過一百號篩孔，如非欲速時效，至少有百分之六十細粉通過五十號，粗者至少須能通過十號篩者方可。

(6) 施用便利否 加水石灰較之燒石灰之粉末細勻而輕麗，施用時粉末橫飛，有礙呼吸，諸多不便，但於散布之前先混入土壤若干可免此弊。又塊狀之燒石灰不加水而碎成粉末，既不如前者之易於飛散，故無不便之處。磨碎之石灰石粉末亦較加水石灰便利。

#### (D) 施用石灰之其他事件

(1) 石灰之有效時間 一次施用石灰之後，雖用量不多，在水田流失較易外，其中和酸性土之力，均可保持數年之久。據之滲漏試驗，施用石灰於酸性土之後，其流失並不如一般人料想之速。又田間試驗之結果，混入表土六英寸之石灰，普通向下移動甚緩，然施於排水之水田，其溶解流失之機會較多云。故在旱田一次施用多量之石灰，以中和其表土七八英寸之後，常隔數年而後施用。在水田則宜每年依酸度而少量施用較爲經濟。

(2) 栽培作物者比較不栽培者土中石灰之損失較少 據美國康乃爾農事試驗場之成績，(8) 一種酸性土壤質壤土 (Silt loam) 每英畝施以三千磅生石灰，其排水中並未見石灰質之增加。據該試驗之平均，栽培



作物者，每年每英畝四呎深流失四三三磅之碳酸鈣，未栽培作物之荒地，毫無草木之生長者，每英畝流失九一八磅。可見栽培作物，土中雖有一部分石灰被植物利用，然較之荒地滲漏流失之機會較少也。

(3) 石灰質土壤亦變酸性 有許多土壤係由石灰巖風化而成者，例如廣東之西北部，廣西之桂林柳州等地，其地下皆係石灰巖，宜其不為酸性矣，而事實上，大多數之表土皆係酸性，甚至酸性甚強。或以為此種地方只須深耕，則底土之灰質多可以翻上，無須特別施用石灰，但一般犁頭所能達之深度最多不過半尺，下面土壤仍係酸性，或較半尺以上之酸度更強亦未可知，此所以在兩廣石灰巖地方，農田之施用石灰，較之非石灰巖地方，有過之無不及也。

(4) 土壤酸度不必完全中和 一般依據土壤酸度而求得之石灰需要量 (Lime-requirement) 係指達到中和時對於某種土壤所要之石灰量。然作物所需要之反應不一定為中和，例如西瓜、馬鈴薯、稻作等以微酸性較佳，是酸性土不必完全中和，宜參酌各種作物最適宜之酸度，使其反應達於某點斯可矣。假如稻所要之反應為  $\text{pH } 5.5$ ，所需要之石灰亦以達到此反應為合理。更有某種土壤其酸度甚強，欲一時改正其反應，非有巨量之石灰不可，因經濟之關係，以逐漸進行，以覘其效果為得策。

#### 第四節 其他間接肥料或刺激劑

除石灰質物及綠肥外，尚有種種物質用作間接肥料或刺激劑者，在某種情況下為有益，而在他種情況，無甚

影響或有害，舉最普通者言之：

(1) 泥炭 (Peat, Muck, etc.)：所謂泥炭乃有機質聚集排水不良，空氣閉塞之土地，僅一部份分解，植物之莖葉等尙可辨認之物質。其用作間接肥料之主要目的在有機質之供給，所含氮氣效力緩慢；施入黏質土壤，可以減少黏性，使土壤疏鬆，便於空氣水分之流通；施入砂土則可增加水及養分保持力，促進團粒結構，大約良好之結果每畝須用六百斤至一千二百斤。如附近低溼沼澤中產此等物質用之至便，反是求之遠道頗不經濟。

(2) 食鹽 (Common salt)：食鹽即不純之氯化鈉，用爲間接肥料不知始自何代，然其價值至今尙多未明，農業上所用之食鹽乃不純粹之劣等鹽。其效能有使土壤中鉀質變爲可溶性之說，且可減少植物對於鉀肥之需要。據實驗結果食鹽更有使不溶性磷質變爲可溶性之效用，惟尙未十分證明。故食鹽之施用僅可作爲小規模試驗，每畝最多用三十斤左右，不然未蒙其益先受其害矣。用之於黏土尤易表現其不良效果，如土中含有碳酸石灰則因碳酸鈉之生成，使土壤愈爲黏滯難耕，排水不良諸現象，惠州淡水地方產著名之沙梨，在七八齡之樹，每株每年用食鹽四兩，梨之品質爲之增進云。如以每畝六十株計，每畝不過施食鹽十五斤而已。

(3) 硫酸鐵：硫酸鐵即綠礬，此物在浙江水田中用之最爲普通，亦有用明礬者，其主要成分爲  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。此等元素土壤中存在甚多，似無特別施予之必要，然有增加出產之效。雖無可靠之證明，但某種作物需要鐵之成分時，有相當之效果。或謂明礬可以供給植物之鉀，硫酸鹽爲刺激劑，其效果即由於此云。然吾人知土中所存之鐵量遠在植物需求之上，實無特別供給之必要，所含硫酸之部分亦有使土壤呈酸性之趨勢，明礬中之鉀，

其效能若何，尙待實驗之證明。

(4) 鎂之化合物 (Magnesium compounds)：碳酸鎂及硫酸鎂有用爲間接肥料者，其效用與食鹽及石灰同。開乃特 (Kanite) 含有約 16% 之硫酸鎂，除特別情形某種土壤缺少鎂之化合物時，不必施用鎂之鹽類。

(5) 煙塵 (Soot)：煙塵中含有氮氣約 3% 之譜，因其黑色有吸收光熱之功能，可以增加地溫，又有使黏土疏松，及殺蟲之效，例在蝸牛之類常爲禾穀類及其他幼作物之害，得藉此免其害云。

(6) 煤渣 (Coal ashes)：煤渣有使黏土疏松增進其理學性質之效，如就近可得，亦可視作間接肥料之一種，固不必在養分之供給也。

(7) 錳之化合物：據胡可托米 (Fukutome) 之研究，硫酸鐵與氯化錳共同施用時可以增進芋麻之生長，但單獨施用則無甚效力，又加拉 (Garala) 謂加錳之鹽類於厩肥而施用於芋麻，不但增其繁茂，且促進利用氮磷鉀鈣等之機能云。但他方面之試驗卻認錳對於植物爲有害，檀香山之黑色土中含有氧化錳 ( $Mn_2O_3$ ) 4-10%，對於波羅及甘蔗之生長頗爲不利。日本東京帝國大學麻生博士謂水稻較之小麥及大麥抵抗錳害爲大，且其爲害在冬季較夏季爲烈云，然硫酸錳之稀薄溶液卻有一種刺激效能。蓋錳與鐵均有助葉綠素生成之功用也。

(8) 硫黃：土中有時亦缺乏硫黃，若施以少量可助硫黃細菌之繁殖，氧化硫黃而生硫酸，與土中不溶性之磷鉀相遇，能使分解迅速以供給植物之用，故間接有增加農產之效云。據哈得 (Hart) 及皮特生 (Peterson) 如土壤中常施用厩肥則土中硫黃之量不致缺乏或可賴以增加。反之如施肥甚少繼續耕作至五十或六十年，土

中原有硫黃含量可減其 40%。一英畝椰菜每年從土中消耗  $SO_2$  平均 100 磅，而土壤中所含之  $SO_2$  依碳酸鈉鎔化法分析之結果，平均僅 1000-3000 磅，由此可以想見其重要矣。

鮑威 (Power, W. I.) (\*) 在阿利根 (Oregon) 之中部及南部對於紫苜蓿 (Alfalfa) 之試驗結果，謂硫黃顯然有增出產之效果，施用硫黃者紫苜蓿之生長較爲繁茂而色深綠，不施硫黃者反是。該處雨量稀少，土壤中含有充分之石灰質，反應中性，愛莫斯 (Ames) (三) 在阿海俄 (Ohio) 之試驗結果，則謂硫黃有使土壤成酸性之趨勢，不適於大豆之生長，每英畝施用硫黃七五〇磅者，其平均產量不及施用同量石膏者之多云。由此觀之硫黃用爲肥料，其效果如何，依土壤、氣候及作物而異，未能一概而論也。

#### 參考文獻

- 1 Van Slyke, L. I. : Fertilizers and Crops, pp. 363-392(1927).
- 1) Wheeler : Manures and Fertilizers pp. 261-294.
- 3) Ames : 1923 Monthly Ohio Station Bul'etin May-June.
- 四 Wherry, F. T. : Soil Reaction in Relation to Horticulture, U. S. D. A. Bul. 4. of American Horticulture Society.
- 五 彭家元 酸性土及石灰施用問題，中華農學會報第一百期。
- 六 Power, W. I. : Sulfur Investigations with Oregon Soils, Vol. 15, p. 153 Tow. Amer.

So. Agronomy.

- ㄎ White J. W. and Holdson F. J. : Effect of Lime on Decomposition of Soil Organic Matter; Soil Science Vol. XVIII No. 3. pp. 201-218 (1924).
- ㄏ Weir, W. W. : Productive Soils, Lippincott's Farm Manuals, pp. 247-248.

## 第十六章 肥料之效果 (The Effectiveness of Fertilizing Materials)

同係一種氮氣肥料或磷酸肥料，對於同一作物，其效能常隨氣候土壤而異，同係一種氮氣肥料，其形態不同者更無論矣，茲略述如下：

### 第一節 肥料之被吸收率與肥效率

肥料的效果何如，通常用含有同質成分之各種肥料，施於同一的土地及作物，而比較其生產量，即以標準肥料之效率為一〇〇，而求得他種肥料之數字的比較也。

作物之收穫量由其肥料與土壤之養分而來，故由全收量除去無肥料區之收穫量，即該種肥料之肥效。此肥效與他種肥料比較之百分率，即肥效率也。

例如施用魚肥區之收穫量為九〇，由硫酸銨之收穫量為八〇，無肥料之收量為二〇，

則  $90-20$  (無肥料區) = 70, 又  $80-20 = 60$

今以魚肥七〇之收穫量作為一〇〇，則硫酸銨六〇之收穫量為八五·七。

即  $70:100 = 60:X$

$X = 85.7$  (硝酸銨之肥效率)

肥效率 (Availability) 與吸收率 (Coefficient of absorption) 成比例，然由種種之條件而不一，有時與吸收率相同者。

『肥料之被吸收率』與『土壤之吸收力』容易混同，近時亦有使用『利用率』之語。吸收率者即肥料，能被作物吸收利用之比例之謂也。無論何種肥料施於土壤，雖因作物，土質，氣候之不同而異其吸收率，未有全被吸收利用者。實際上施用之要素分量能被吸收者不過幾成耳。

$$\text{吸收率} = \frac{\text{收穫物中所吸收的分量}}{\text{施用的有效成分量}} \times 100$$

例如某地施用硫酸銨一〇〇斤，對於所含氮氣二〇斤，收穫物中所吸收的分量減去無肥區收穫物中所含之氮氣量，尚餘一二斤，

$$\text{則} \frac{12}{20} \times 100 = 63\% \text{，即硫酸銨之吸收率爲百分之六十三也。此 } 63\% \text{ 以外之 } 37\% \text{，決非流失，其}$$

部分或變爲難於利用之形態，一部或殘留土中，以爲後作物之用，或祇一部分流失，亦未可知。

吸收率由下列關係而有不同：

(a) 作物之生育期間若長，則吸收率多。

(b) 速效性肥料較之遲效性肥料之肥率多。

(c) 同一肥料施用量少者，其吸收率反多。

(d) 在氣候溫暖水分適宜者較多。

故肥料之效果何如，須就各地方，各種作物試驗得之。

今示日本東京帝國大學農科試驗之成績以供參考：

表六十七 諸種肥料之氮氣被吸收率

(甲) 用於水稻之諸肥料之氮氣被吸收率

硫	銨	六二%	血	八二%
粗	骨	七三	海	七二
醬	油	六五	油	六八
人	糞	六六	尿	五〇
米	糠	二六	綠	三〇
			肥	

(乙) 施於大麥之諸肥料之氮氣被吸收率

硫	銨	四〇%	人	四一%
魚	肥	四七	蒸	五五
			製	
			骨	
			粉	
			尿	



(丙) 施於水稻之諸肥料之磷酸被吸收率

肥料	第一年			第二年			第三年			合計
	吸收率	肥料	吸收率	吸收率	肥料	吸收率	吸收率	肥料	吸收率	
重過磷酸醑石灰	二四·一%	灰	二四·一%	四·一%	重過磷酸醑石灰	二八·二%	二·四%	重過磷酸醑石灰	二八·二%	
沈澱磷酸醑石灰	二五·一%	灰	二五·一%	七·四%	沈澱磷酸醑石灰	三二·五%	二·四%	沈澱磷酸醑石灰	三二·五%	
蒸製骨粉	一四·二%	粉	一四·二%	五·七%	蒸製骨粉	一九·九%	一·四%	蒸製骨粉	一九·九%	
粗骨粉	一四·六%	粉	一四·六%	六·〇%	粗骨粉	二〇·六%	一·四%	粗骨粉	二〇·六%	
磷酸曹達	一〇·九%	達	一〇·九%	六·五%	磷酸曹達	一四·八%	一·〇%	磷酸曹達	一四·八%	
海鳥糞	八·三%	糞	八·三%	六·五%	海鳥糞	一四·八%	一·〇%	海鳥糞	一四·八%	
骨灰	六·六%	灰	六·六%	二·六%	骨灰	九·五%	一·〇%	骨灰	九·五%	
粉碎磷礦	一·二%	礦	一·二%	二·四%	粉碎磷礦	三·九%	一·〇%	粉碎磷礦	三·九%	

(丁) 用於旱田之諸肥料之磷酸吸收率

肥料	第一年				第二年				第三年				第四年				合計
	吸收率	肥料	吸收率	肥料	吸收率	肥料	吸收率	肥料	吸收率	肥料	吸收率	肥料	吸收率	肥料	吸收率	肥料	
過磷酸石灰	二二·五%	灰	二二·五%	一〇·八%	過磷酸石灰	七二·%	七·二%	過磷酸石灰	〇·八%	過磷酸石灰	四〇·三%	二·二%	過磷酸石灰	四〇·三%	二·二%	過磷酸石灰	四〇·三%
蒸製骨粉	一六·六%	粉	一六·六%	七·三%	蒸製骨粉	七·六%	七·六%	蒸製骨粉	〇·一%	蒸製骨粉	三一·六%	一·〇%	蒸製骨粉	三一·六%	一·〇%	蒸製骨粉	三一·六%
粗骨粉	一二·四%	粉	一二·四%	一〇·七%	粗骨粉	二二·四%	二二·四%	粗骨粉	〇·二%	粗骨粉	四八·四%	一·〇%	粗骨粉	四八·四%	一·〇%	粗骨粉	四八·四%

粗	骨	片	一·二·六	九·八	二六·五	六·三	五五·二
湯	馬	斯	一三·六	三·一	五·一	〇·一	二二·五
肥							

加里之吸收率，雖因肥料之種類稍有差違，而凡加里之被吸收率約 70% 當無大誤。

### 第二節 肥效率與氣候之關係

土壤中之養分，必先溶解於水，而後為植物所吸收，故肥料施用後非先溶解於水，決不能顯其效能，即土壤及肥料中之不溶性養分，必俟分解而變化為溶解性後，植物始克吸收之也。而此分解作用為氣候所左右者極大，歐美與中國日本之施肥法大異其趣者，其一證也。

據歷來德國之實驗，有機態氮質肥料之效果似與腐敗之難易成正比例，而無機態氮質肥料之效率均較高，茲示魏格蘭 (Wassner) 氏對於各種氮質肥料效率及生產量之比較如下：

表六十八 氮質肥料效率與生產量之比較

(A) 德國之試驗結果

	生產量	肥效率	乾血粉	生產量	肥效率
智利硝	八二	一〇〇	毛	六〇	七三
硫酸銨	七七	九四	層 (Wood class)	一一	二六

祕魯海鳥糞	七一	八七	牛糞	一八	二二
綠肥	六三	七七	皮革屑	一三	一六
角粉 (Horn meal)	六一	七四			

而日本東京農科大學對於水稻試驗之結果，假定硫酸銨為一〇〇，其他諸種肥料之肥效率如下：

(B) 日本之試驗結果

肥料	料	效	率	肥料	料	效	率
硫酸銨	銨	一〇〇%	油	餅	一〇二%		
燕骨粉	粉	一四三	人糞	糞	一〇一		
魚肥 (乾)		一三五	廢	肥	九五		
血粉	粉	一二六					

由上列成績觀之，德國氣候較寒而乾燥，有機態氮氣肥料的效果，因腐敗作用進行較緩，遠遜於硝酸態或銨態之氮氣肥料可以瞭然，反之，如在日本，因氣候溫和而多雨，有機物腐敗迅速，有機態之氮質肥料的效果常較大也。

以施肥法言：歐美諸國往往於一輪栽之諸種作物中，施天然肥料之大部分於一二作物，其他作物則僅用人造肥料以補其乏，而日本則每作物皆施用肥料，且分為數回施之以為常。蓋在歐美之氣候肥料之分解遲，施於初

作物之肥料其量若不多，則其效果不著，且多施用，養分之流失亦少。而在日本氣候之下，肥料之分解速，若一時用量過多，不惟延遲作物之成熟，且空貯養分於土中，其肥效又有流失之虞也，故肥料之施用法不得不因氣候而殊。概言之，寒冷乾燥地方比之溫暖溼潤地方施肥宜早，而於不溶解性肥料，尤宜先使之變為有效性而後用之。又雨量多之地方，可溶性肥料易於流失，其施用量宜少，且須分作數次施用。

我國幅員廣大，南北氣候隨處不同，施肥法各自懸殊，以廣東一般情形言，類多將肥料分次施予，一次施以多量之基肥實不多見，此亦因地方情形斟酌之結果歟。

氮質肥料大凡在雨量多之地方，易使莖葉過於繁茂倒伏，減少穀實之收成。在較乾燥之地效能較劣，有時不但無益而有害於禾穀類，蓋氮質肥料在乾燥之區，因助莖葉之繁茂，消耗水分太多，到結實期往往感水分之缺乏也。(11)

### 第三節 肥料與土壤之關係

土壤之肥瘠概視其理化學上之性質及微生物之性質而定，此等性質之善良者，其地豐沃，惡劣者其地瘠薄，凡施用肥料宜鑑於此等性質之如何而求其適當，更宜設法以改良其性質，以下順次說明之：

#### (1) 土壤之吸收力 (Absorptive capacity of soils)

土壤為植物養分之貯藏所，其吸收力之強弱如何，於施肥上有密切之關係，土壤之吸收力有強於氮素而弱

於磷酸者，或強於磷酸而弱於氮素者。又兩者或強或弱隨土質而不一樣。通常壤土之理學性質優良，各種肥料皆可施之，砂土及黏土則異乎是。砂土吸收力弱，黏土強，故前者可用遲效性肥料，而不宜用溶解性或速效性肥料，後者則雖一時多用速效肥料，其流失亦不如砂土之多。例如用磷酸肥料，黏土可用過磷酸石灰，而砂土則宜用骨粉，倘欲增加砂土之吸收力，減少黏土之黏着性，施以堆肥等，其效顯著。

測定土壤之吸收力，通常注 2.5% 磷酸銨溶液 100 c.c. 於 100 克之微細土（通過 0.5mm. 者），時時搖動，四十八小時後，檢定被土壤吸收之磷酸及氮素量。以公絲 (mg.) 數表示土壤之吸收量，今示吸收量之強弱與吸收量之關係如次。

氮素之吸收力	{ 400—500 (mg.) ..... 強
	{ 200—400 ..... 中
	{ 200 以下 ..... 弱
磷酸之吸收力	{ 1000 以上 ..... 強
	{ 500—1000 ..... 中
	{ 500 以下 ..... 弱

(2) 土壤之反應 (Soil reaction)

土壤之反應若何，對於肥料之效能或作物生長上有莫大之關係，故於肥料之選擇配合等不能不加以注意，

多數土壤雖係中性，往往有呈酸性鹽基性者，前者稱為酸性土，後者稱為鹼性土。

酸性土壤之成因雖有種種，通常得大別由於腐植酸及諸種之有機酸（蟻酸，醋酸，酪酸，乳酸等）及含水矽酸鹽與腐植質之膠質物之起因。故腐植質土壤之酸性原因，主由腐植酸之存在，乏於腐植質之土壤其酸性主由含水矽酸鹽類。此種土壤直接不呈酸性，施以中性鹽如氯化鉀，硝酸鉀，硫酸銨等始常呈酸性反應。要之，不問酸性土壤之成因如何，施適宜之石灰並鹽基性肥料以調中和酸性，同時遊酸性肥料之施用為要。

鹽基性土壤或海水浸潤之土壤，宜避鹽基性肥料而用酸之肥料。

#### (c) 土中有機質 (Soil organic matter)

由有機質分解漸次生亞母尼亞及其他可給態之養分，同時含炭酸氣體之水溶液變土中不可給態養分為可給態，並增進土壤之吸水力與吸肥力，使黏土膨軟輕鬆，使輕砂土密實。此外土壤溫度之調節等種種方面有顯著之效果。

又有機質為土壤中有用微生物之繁殖上極有必要，蓋土中微生物之活動，賴有機質之幫助也。例如石灰氮素之肥效，常依土中有機質之多少，其效驗有至大之關係，含有機質多之土壤比之含量少者效果大。一般人造肥料施於有機質缺乏之土壤不能十分揮發其效果，多數實驗之所證明者也。

故土地若乏於有機物，宜施以有機質肥料以改良其土性，連年施用人造肥料，有減少有機質土性變惡之趨勢，普通以土中含有 2% 以上至 10% 以下之有機質為最適當，過多時亦非所宜，土中有機物過量時，則宜先行

排水，加以石灰而後用無機質肥料。

(4) 土中養分之形態 (Forms of plant nutrients in the soil)

從前就土壤之化學的性質而特研究者為土中植物養料之多少，然普通耕土雖含有植物養分極多，而其大部分為不溶解性，未易為植物之根所利用，故因普通定量分析之成績，得知土中植物養料之絕對量，而不能由此判定其有效量，蓋土中植物養料之有效量，概由其化學的形態而殊，非必與其絕對量一致者也。今試就酸磷鉀肥料說明之。

日本內山博士嘗取西原旱田之土壤（第四紀古層）及荒川沿岸水田之土壤（第四紀新層）加以強弱二種之鹽酸定量其侵出液之磷。酸據其成績可知磷酸肥料在此二種土壤異其效果之理由，其分析成績如下：

磷酸（乾土百分中）

	強 鹽 酸 溶 解 量	弱 鹽 酸 溶 解 量
西 原 土 壤 (第四紀古層)	0.276	0.011
荒川沿岸土壤 (第四紀新層)	0.172	0.0311

由上表觀之，西原土壤溶於強酸之磷酸量，遙過於荒川沿岸土壤，而其溶於弱酸之磷酸量，殆不過三分之一，即前者磷酸之絕對量雖多，而其有效量極少可以知矣，磷酸肥料對於此兩種土壤所以大異其效能者即在於是。

#### (5) 石灰率 (Lime factor)

土壤中氮氣磷酸及加里之有效量之多少，固與肥料上有主要之關係，而土壤中養分，其重要亞於三要素，而為施肥上所宜注意者尙有之，即鈣與鎂是也。此二者存在於植物體之各部前者多存於葉，後者多存於子實，皆為植物營養上所萬不可缺者，若土壤中缺其一，植物不能為完全之生長，而於石灰缺乏之時，其惡影響尤著。據劉 (Lowry) 氏及其他學者研究，土壤中鈣鎂縱極豐富，而此二營養之比率 (CaO/MgO) 若不得其宜，植物遂不能為完全之生長，所謂石灰率 (Lime factor) 者是也。石灰率在小麥稻為一，在葱及甘藍為二，在苜科植物為二至三，於桑及蕎麥為三。在煙草為四，土壤中之鈣及鎂不惟為植物所必要，且因植物異其比率，故宜基土壤之分析成績算定石灰率，過小時則施以碳酸石灰末，若石灰率過大時，則施以碳酸鎂以矯正其弊，MgO 多於 CaO 時則為不饒之地云。

據莫斯 (Moser) 之研究，(三) 石灰率與作物生產上無甚關係，其左右生產之關鍵在可交換性鈣 (註一) 之多寡。土中施用石灰而得良好效果，其原因不在石灰率之改變，而在增加土中可交換性鈣之含量有以致之，其增加量隨石灰之種類而不一。

#### 第四節 氮氣肥料之效果 (Effectiveness of Nitrogenous Fertilizers)

##### (1) 硝酸鈉與硫酸銨之比較 (四)



(a) 作物 據 Rothamsted 農事試驗場對於小麥、牧草、甜菜 (Mangel) 等之試驗結果，硝酸鈉較硫酸銨爲優，相差約百分之十。但於大麥、蘿蔔、馬鈴薯，則二者之肥效約略相等云。

(b) 石灰之損失 繼續施用硫酸銨，土中石灰質之損失較之不施肥者多。Rothamsted 農事試驗場於種小麥之土壤，開始試驗時，在富於石灰之區尙無大害，若於缺少石灰之區，不久則產量銳減，幾等於零。又於種大麥之土壤連用硫酸銨，不久則大麥難於生長，如施以石灰又恢復其出產力云。

賈得勒 (Gardner) (v) 在潘色凡利亞 (Pennsylvania Station) 農事試驗場，就硝酸鈉與硫酸銨對於土壤石灰需要量之影響而行試驗，經過三十五年之期間。據其結果土壤之石灰需要量隨硫酸銨態氮氣之施用量而增加，硝酸鈉之氮氣施用量與石灰需要量無大關係云。即施用硫酸銨者，其氮氣量由二四磅增至四八磅，其石灰需要量增加約一千磅。在施用碳酸鈉者，則並無增加云。

(c) 酸度之變化 據裴銳 (Piere) (F) 之研究，施用硫酸銨後，砂土氫離子濃度 (Hydrogenion concentration) 之增加較黏土爲速，且酸度之增加可因滲透作用下達底土一二至一八英寸，故石灰之施用不但表土，即底土亦須有石灰以改良其反應，以適合作物之生長。供試土壤十四種，每畝施用五〇〇磅硫酸銨，其酸度 pH 4.8 者有兩種，施用一〇〇〇磅達此酸度或較此更強者有八種土壤云。在 Rothamsted 亦有同樣試驗，即施用硫酸銨者酸度增至四與三之間，而施用硝酸鈉者平均爲 pH 6.2 云。(註二) 故二者宜依土壤分別施用或交換施用，以求良好之生產。

(d) 對於土壤物理性之影響 用硝酸鈉為肥料時，硝酸根常被吸收而留下鏽之成分，在土壤中能與鉀之化合物相交換，使鉀成爲有效性，此種作用在土壤中甚爲普通，尤以黏土爲著。又鈉與碳酸化合而爲碳酸鈉，可以中和土壤酸性，從此點觀之甚爲有利。往往施用硝酸鈉後，使土中無再施鉀肥之必要者有之，然硝酸鈉單獨施用過久，使土壤理學性質惡劣，失去團粒狀之結構，潮溼膠結不適用於植物之生長。且餘下之鈉與土壤溶液中炭氧二化合甚易變爲碳酸鈉，其強鹼性，有腐蝕有機質使土壤膠結，難於排水種種不良之作用。

硫酸銨既增加土性之酸度，酸對於黏土之沈凝作用 (Flocculation) 最大，其結果因連用而使土壤板滯，植物根部不易伸長。以上種種其影響於生產者自然不同。

#### (2) 有機態氮質肥料與無機態氮質肥料

硝酸鈉與硫酸銨施於土中，因鹽基交換之作用，刺激土壤使磷鉀之分解迅速，尤其是硝酸鈉，如單獨施用，久之則土壤之生產力銳減。有機態氮氣肥料則無此弊，且因有機質之增加，使土壤永久保持良好之狀態。觀乎 Rothamsted 對於甜菜之試驗成績，在平常之氣候，硝酸鈉之效力甚著，但以長久之時間求其平均結果，則以施用油菜餅 (Rape cake) 者爲優。蓋因久用無機質肥料，土質變硬，若遇氣候變遷即難於生長，由一八七六至一九〇二年間，其施用硝酸鈉與硫酸銨完全失敗云。又小麥之繼續六十五年施用有機肥料與無機肥料者無大區別，但甜菜需要鬆軟之土地者，因土質變硬大減其收量。施用廐肥者在雨量少之氣候其效尤著，蓋有機質多之土質吸水力強也。

(3) 固定氮氣肥料之肥效

固定空中氮氣製成種種之肥料，以應世界之需求，將見產額日益增加，除硫酸銨外，其他氮氣化合物之肥效何如，乃一極宜注意者。

羅索羅眉 (Rotholomew) 氏曾將各種肥料對於水稻試驗之結果公表如次：(以硫酸銨為一〇〇計) (六)  
 表六十九 固定氮氣肥料與有機態氮氣肥料肥效比較

名	稱	肥	效	率	名	稱	肥	效	率
硫酸銨 (Sulphate of ammonia)			100	%	磷酸銨 (Ammonium phosphate)			84.5	%
路那硝 (Lernalspeter)			96		石灰氮氣 (Calcium cyanamide)			69.5	
棉籽餅及硫酸銨			96		硝酸鈣 (Calcium nitrate)			59.0	
尿素 (Urea)			92		棉籽餅 (Cotton seed meal)			61.0	
血粉 (Blood meal)			87						

由此可知硝酸鈣與棉籽餅之肥效較劣，其餘均與硫酸銨之肥效不遠。硝酸鈣用之水田不甚適宜，僅當硫酸銨百分之五十九，然用之旱田則大相徑庭。

李卜門及布里亞 (Lipman and Blair) (七) 對於各種氮氣肥料經十年之試驗，所用之作物次序為玉蜀黍，燕麥，小麥，牧草 (Timothy)，有施用與不施用石灰石者，其產量比較如下表：

表七十 各種氮氣肥料較不施肥者每英畝增收磅數

區別肥	料		者不	施石	者
	穀	實草			
五牛	一二三七	五五〇五	二五九二	一〇、三三二	一、八三七
六馬	一三三二	五八七五	二六六二	一、八三七	一、八三七
九硝	一〇九七	四七一〇	一九一七	七、六二二	七、六二二
一〇硝	二〇五七	六九五五	一二六二	七、一〇七	七、一〇七
一一硫	二一九二	七〇七二	一二三二	三、三六七	三、三六七
一二石	一六六七	四六七五	一五二二	四、五三二	四、五三二
一三血	一七四七	四五〇五	一一五七	四、六三七	四、六三七
一四魚	一五七二	三六六〇	一五五七	五、八四七	五、八四七
一五骨	一四九二	三二七五	一二四二	三、七七七	三、七七七

由此可見硫酸銨及硝酸鈣用之於不施石灰之土壤量最低，施以肥料，則大為增加。

第五節 磷酸肥料之效果

(1) 溶解度 肥料成分必先溶於水而後能被植物利用，過磷酸石灰乃最易溶於水者，以一般情形論，在

正常土壤 (Normal soils) 其同量磷酸之肥效常優於其他磷肥。蒸製粗骨粉溶解度不如蒸製骨粉。經過長時間乾燥暴露之獸骨不如新鮮之獸骨。磷質海鳥糞之溶解度與蒸製骨粉之溶解度不相上下，但海鳥糞之含有氮氣愈多者，其中磷酸之溶解度亦愈大，蓋海鳥糞經過長久之時間，氮氣被雨水洗刷儘盡，磷酸鹽類漸次變為磷酸三鈣與磷灰巖 (Rock phosphate) 無異也。

(2) 土壤性質 磷酸肥料之效果何如，除溶解度外，土壤性質不同，亦大有關係，例如土中所含碳酸石灰量，溼潤或乾燥是也。黏性土通常缺少磷酸，如施以相當之石灰，過磷酸石灰雖具相當功效，如磷酸之價值相同，寧取湯馬斯磷肥而舍過磷酸石灰。換言之，壤土而富於石灰質而水分少者，當以過磷酸石為上選；黏土缺乏石灰或酸性土，水分多之土壤，湯馬斯磷肥較佳。在砂質土壤無論磷質海鳥糞，蒸製骨粉，酸性過磷酸石灰，沈澱過磷酸石灰，均甚相宜，蓋此等物質雖為不溶性，據之經驗甚易受土壤水溶液之變化而供給植物之利用也。粗骨粉之效力最慢，不但施用後第一年如此，即第二年亦未有若何之增進，因其粗粒依然無甚變化，故欲效力之增加者，當於粉碎之程度加以注意（參看第十二章第二節）。

儲魯 (Truog) 氏在威斯康辛 (Wisconsin) (九) 對於各種磷酸肥料之肥效，曾用砂耕法 (Sand culture) 作多數之比較試驗。所用淨砂含  $SiO_2$  九三·一三%，磷不過僅存痕跡而已。每盆施以同樣之鹼性培養液，磷之含量相同，而其化合物則各異其形態。磷肥之用量等於每英畝一〇〇〇磅磷礦粉，過磷酸石灰因其溶解度特高之故，僅用一半之相當量。依據各種作物栽培之結果，除磷酸鐵對於大麥，粟，舍利得那 (Sarrisdolla) 三種作物之

產量稍多外，任隨何種磷肥均不及過磷酸石灰云。

然據俄海俄 (Ohio) 省農事試驗場自一八九七年以來之試驗，廢肥混有磷礦粉堆積酸酵後施之田地，其效果與混有過磷酸石灰者約略相同。該試驗第一期九年，就每一百磅磷礦粉所增加之收益論，其作物之價值較過磷酸石灰稍優。自第二期（一九〇六至一九一五）以後施有石灰者則產量大增，磷礦粉之效果反不如磷酸石灰，蓋其原因在於最初九年，無石灰之施予，磷礦粉含有之鈣大奏功效也。依此言之，磷礦粉用於酸性土，與過磷酸石灰用於施有石灰者其肥效殆約略相似矣。

#### 第六節 鉀質肥料之效果

加里鹽類長期施用有使土壤理學性質不良之趨勢，降雨之後溼潤非常而膠結，乾燥之後堅硬如磚，其現象與久用硝酸鈉者相同。究其原因，由於土壤中之鈣與鉀起鹽基交換作用而損失，生成鉀質黏土 (Potassium clay) 與鈉質黏土 (Sodium clay) 之性質相同。比較原來之鈣質黏土 (Calcium clay) 易起反凝作用 (Deflocculation)，難於排水，其結果使作物生長不良。多用加里鹽類肥料，往往減少出產者，皆因忽於施用石灰之故也。

敢司克耳 (Gaskell) 於麻司邱失農事試驗場 (Massachusetts Station) (10) 比較七種不同之鉀質肥料，經十九年之期間，得其結果如次。但以不施鉀肥之區其產量作為一〇〇。

表七十一 鉀質肥料肥效比較

無 鉀	100	%
開乃特 (Kainit)	117.3	
硫酸鉀 (上等品)	106.8	
硫酸鉀 (次等品)	107.9	
氯化鉀	110.0	
硝酸鉀	114.6	
碳酸鉀	100.6	
長石粉	104.7	

由此觀之，在此試驗中，以開乃特之生產量最大，用長石粉及碳酸鉀者最低云。

參考文獻

- I 鶴田萬平 肥料土壤學寶典 四四九—四九四頁
- II Hall, A. D.: Fertilizers and Manures, p. 107, (1928)
- III Moser, Frank: The Calcium-Magnesium Ratio in Soils and its Relation to Crop Growth, Jour. Amer. Soc. Agronomy, Vol. 25, No. 6, p. 365, (1933).

四 匪 (11) pp. 101-112

四 匪 Pierre, W. H. : Buffer Capacity of Soils and its Relation to Development of Soil Acidity  
From the Use of Ammonium Sulphate, Jour. Amer. Soc. Agron. 19:332 (1927)

四 匪 Rotholomew, R. P. : The Availability of Nitrogenous Fertilizers to Rice, Soil Science 29:  
85-100 (1929)

四 匪 Lipman, J. G. and Blair, A. W. : Field Tests on Nitrogenous Fertilizers. Soil Science  
Vol. 9, No. 5, pp. 371-392 (1920)

四 匪 Gard er, F. D., Noll, F. C., and Baker, P. S. : Thirty-five Years' Results With Fertilizers.  
Pa. Agri. Expt. Sta. Bull. No. 146, pp. 19-22

四 匪 Truog, E. : The Utilization of Phosphates by Agricultural Crops. Wis. Agri. Exp. Sta,  
Research Bul. No. 41, p. 21. (1916)

10 Gaskell, F. F. : Comparison of Different Potash Fertilizers. Mass. Agri. Exp. Sta. Report,  
(1917) p. 50a.

11 E. J. Russell : Artificial Fertilizers in Modern Agriculture, Ministry of Agriculture and  
Fishes, Bulletin No. 28, London, (1933)



(註一)可交換鈣 (Exchangeable calcium)，土中所存之鈣，因施肥而被肥料中之陽離子 (Cations) 所交換而入於溶液，例如施以硫酸銨，銨離子因與某種化合物起鹽基交換 (Base exchange) 而鈣入於溶液以供植物之利用。

(註二) pH 為氫離子濃度 (Hydrogen ion concentration) 之代符符號，通常以七為中和點，即 pH 七·〇為中和之意，大於七者如八、九、一〇等，代表鹼性反應，依數字而遞增，小於七者如六、五、四等依數字而酸度遞增。

## 第十七章 肥料之選擇及施用 (The Selection and Application of Fertilizers)

施用肥料不問其爲天然或人造，直接或間接，如能知在某種情況下可得最大之效果，最經濟；此爲施肥上之切要，亦急待解決者。由此生出下列二問題：

(1) 何種狀況下應施用肥料？

(2) 用何種肥料，如何施法可得最大報酬？

爲解答此問題，當注意下列諸點；雖未能十分可靠，然佐以經驗與實地觀察，亦可知其大概。

### 第一節 需肥之推測 (Diagnosing of Manurel Needs) (1)

#### 一 土壤性質

黑色土壤大都富於有機質及氮氣。含有多量鉀質及其他可溶性鹽類者，表土常有白色物之聚集。含有豐富之石灰質者，加以鹽酸或其他強酸，有泡沫之發現，反之則需要石灰之證。

土壤之理學性質不同，例如黏土，砂土，腐植土等常足資吾人施肥之方針。大凡黏土豐於鉀質，而常缺少磷酸及石灰質。故宜充分石灰及磷酸之施予，足以助加里之分解而得良好之收穫。砂土之原來物質本缺乏植物營養

料，又因其粗鬆，吸收力弱，所施下之肥料易被流失，氮磷鉀三要素均宜供給，不宜一時多施，分作數次用較爲有利。腐植土富於氮氣，大都非有效性，加里磷酸均感不足，排水之後，施以石灰及磷酸加里肥料，甚爲得策。

(A) 缺氮：如土壤係灰白色，砂土，強酸性反應，過於乾燥，缺少有效性磷酸，或一時施用多量草桿或其他有機肥料，而炭氮比率 (Carbon nitrogen ratio) (註 1) 大者，皆宜用氮氣肥料以補給之。

(B) 缺磷：如土壤黏重 (黏土)，灰白色，強酸性，缺少氮氣，或硝酸態氮氣之供給過多，宜施用磷酸肥料以補救之。

(C) 缺鉀：如土壤係砂土，坭炭土，色灰白，強酸性，或由石灰岩風化而成者，皆宜施用鉀質肥料以補救之。

(D) 其他要素之缺乏：如土壤係鹼性，鐵及錳有時缺乏。強鹼性土壤宜施以硫黃或石膏。含錳特多者，常缺乏鐵質，酸性土壤當施用石灰。

## 二 植物生長狀態

細心觀察作物生長之狀態，長期之經驗，可知何種養分缺少，何種供給豐富。雖不能謂其一定不移，或觀察錯誤者在所不免，下列各點亦頗足參考。(二)

(A) 氮氣 (1) 缺少氮氣——如土壤理學性質良好，有充分雨水及日光，而作物莖葉不茂，短小而葉緣缺少帶黃色，或早期開花結實少者，普通爲缺少有效性氮氣供給之證明。但因水分不足，或病蟲害關係，使植物不能利用土壤中之氮氣，亦有同樣現象。又在黏重土壤，水分多，溫度低，硝化作用受其阻礙，可給態氮氣之供給不能

應植物生長之請求時，亦往往矮小，呈病狀，現黃色。惟天氣暖和，水分減少，或施以速效性之氮氣肥料，立即改變舊觀，蒼暢茂矣。

(2) 多量氮氣——有豐富氮氣之供給，則莖葉繁茂而呈深綠色。此為不缺乏有效性氮氣之證，然並非不必施用氮氣肥料之指示。

(3) 過量氮氣——植物枝葉徒長，或花，芽，果實，發育不全者，為氮氣過量，而磷鉀不足之徵。大凡一時施用多量廐肥，當氣候溫和，土性良好，適量水分，其尿素變為硝酸鹽迅速，植物驟得多量速效性氮氣之供給，往往生長異常茂盛，結實少，易罹病害及風災，此於小麥見之。又如馬鈴薯則只見其繁茂而地下莖稀少而形小。此種情形可以減少氮氣用量，增加磷酸及加里之比例而避免。按作物因其種類不同，所需三要素量，亦各有多寡，有需要氮氣特多者，有磷酸或加里特多者。同一分量之氮氣，對於某種作物為適量，而於他種則嫌其過多而有害。

(B) 磷酸 在良好土壤，禾穀類作物通常能早期成熟，種子多而充實者，乃磷酸供給豐富之徵。成熟遲，種子輕而空虛者，乃氮氣比例超過磷酸之證，施用多量廐肥於禾穀類常有此種現象。

(C) 加里 如玉蜀黍、白菜、馬鈴薯、番茄等作物生長茂盛強健，則該地不缺乏加里化合物可以推知。此外果實品質良好，色味俱良者，亦土中加里供給充分之徵。反之植物莖葉雖茂，而軟弱易脆，或易罹病害者，其缺少加里肥料無疑。

此種觀查有時足資施肥標準者不少，已如前述。宜細心觀查而從多方面研究，所得結果，庶合乎實際。如只顧

一方面之現象，忽略其他事情，例如病蟲害，氣候等，往往不能得精確論斷。又作物之生長不良或變態，有係暫時的，如遇適當環境再恢復其原狀。久旱則生長阻礙，以至難於發育，但霖雨一至，勃然興之矣。

(D) 其他要素之缺乏：如豆科植物生長不良，椰菜根部生瘤狀物 (Tinger and Toes) 宜施用石灰。馬鈴薯生疥疤，乃石灰多，不適於生長，宜施以硫黃或其他酸性肥料。菠蘿葉發黃宜施以硫酸鐵之溶液。

依作物生長情況而略知其所需肥料外，前期作物之種類，亦甚有關係。例如連年栽培小麥於同一地點，所耗去之磷酸及氮氣較加里多。在此種情形氮肥及磷肥之施予乃為必要。連年栽培牧草類之作物，則土中消耗加里量多過磷酸。此所以作物不宜於連年栽培，而必須輪栽之又一解釋也。此外連栽更能聚集有毒物質，而此種毒物對於同種類作物有害，異種類則可免其毒害云。無怪連作制日見出產減少，而輪作則無此等弊端見其有益也。

### 三 土壤分析

化學分析之價值，不如一般人所理想，以為土壤一經分析，至少可知該項所含氮磷鉀三要素量之多寡，何者缺少，宜施肥以補其不足。然所得結果只可知其總量，其中究有幾何可以供給植物之需用，不能確知。通常以 1% 檸檬酸或其他弱酸所能溶解之量代表植物可以吸收之量。但按之實際，分析結果往往與該地作物之生長及肥料需要情形未能趨於一致，或差之天淵者亦不鮮。例如某種土壤，依其分析成績，所含營養分異常豐富，但因土性不良，難資植物之繁榮，或存量雖多，而難於溶解，多屬無效性。且也化學分析所取之樣土，欲其完全能代表某地土壤之全體至難，分析結果亦未必盡合，理所當然。又分析上常有不可避免之錯誤。假定氮氣定量之誤差為 0.005

%,以每中畝三十萬斤之土壤計(註二)已有十五斤之氮氣。施含此十五斤氮氣之肥料於土壤,已大足使植物繁茂而有餘。是植物對於養分感覺豐富與否,其銳敏遠過於化學分析方法。而所得結果不能無疑矣。雖然化學分析在整個土壤研究上,乃一最關緊要之部分,其結果與其他事實互相參考,所供給之資料亦不少。通常圃場肥料試驗之前,先得土壤化學分析於試驗研究多所藉助。以施肥言,據麥克(M. Mercer)(三)氏之說:土壤中熱鹽酸可溶  $P_2O_5$  及  $K_2O$  少於 0.05% 者,則植物之生長受限制,通常為需要磷肥及鉀肥之明證。又土壤之缺少有機質者,亦為氮肥缺少之證。凡此種種可以予吾人對於施肥相當之指示。

## 第二節 選擇肥料之條件 (Factors in the Selection of Fertilizing Materials)

### 一 肥效之遲速

肥料被利用率愈大者,其肥效率亦愈大,但無持久性。故施用人造肥料在求速效,每季作物皆須施用,普通依各種作物需要的要素不同,而配量分別供給目前之需要,不問其來年如何,佃農多半如此。反之土地屬於自己者,農人常以緩性肥料使其漸次分解,繼續供給作物數年之需要亦不少。又某作物宜於緩效性肥料者,如此施法方為有利。由此觀之,欲效力迅速及一時的供給,則宜用速效性人造肥料。欲效力長遠而漸次被植物利用,則以天然肥料為主。茲依肥效之遲速分別之如下:

(1) 速效性 智利硝(硝酸鈉),硫酸銶,硝酸銶,石灰氮氣,腐熟人糞尿,腐熟廐肥,過磷石灰,加里鹽類

等。

(2) 次速效 豆餅, 油粕, 血粉, 魚肥, 還原性磷酸石灰 (Reverted or dialcium phosphate), 蒸製骨粉, 綠肥等。

(3) 遲效性 海鳥糞, 磷酸三鈣, 粗製骨粉, 蹄角, 毛等。

## 二 土壤氣候及作物之關係

### (A) 氮氣肥料

(1) 如土壤中含有相當量之石灰質, 雨量少或灌溉不可少之地方, 宜施以酸性肥料。

(2) 土質疎鬆, 雨水多之地方, 不可施用硝酸鹽類之肥料, 或僅施以少量以助幼植物之生長, 或於生長期中分次作為追肥, 水田不可用, 免其流失也。通常以有機質及銹鹽類為上選。

(3) 雨量少, 土壤乾燥, 有機質不易腐敗, 速效性氮肥優於綠肥或廐肥, 但不宜過多, 以免成熟期之延長, 惟有機質肥料預先堆積腐敗而後施用, 可以增加土壤之吸水力, 減少乾旱之弊。

### (B) 磷酸肥料

(1) 磷酸肥料有促進植物根部發達, 早期成熟之效, 在此情形施用較多過磷酸石灰, 可以減少旱害。

(2) 土壤中石灰質少, 湯馬斯磷肥及骨粉, 具有供給石灰中和酸性之效, 其效能較優, 反之當以過磷酸石灰或磷酸銹為上選。

(3) 土壤具強酸性反應時，施用過磷酸石灰其肥效固遜，然有沈澱鐵及鋁，減少毒質，便於幼植物之生長之效能。

(4) 集約農業 (Intensive farming) 以施用過磷酸鈣或磷酸銦爲主，粗放農業以磷礦粉 (Ground rock phosphate) 骨粉，海鳥糞爲主。

(5) 多數豆科植物需要較多量之石灰及磷酸，且能逐漸利用難溶性磷酸，故骨粉，海鳥糞，磷礦粉皆可用。蘿蔔及其他根菜類作物需要速效性磷肥，但鹼性之石灰質有損馬鈴薯之品質，宜注意及之。大概言之：生長迅速之作物，或生長期短者，以速效性磷酸肥料爲宜。

#### (C) 加里肥料

(1) 土壤中缺少鈣、鎂、硫者，所選之鉀肥以能供給此三種要素者爲目的。例如硫酸鉀，碳酸鉀鎂，硫酸鉀鎂 (Double manure salts) 等是也。

(2) 德國產鉀礦 (Zasasfurt Potash) 常含有食鹽，其中鈉因鹽基交換作用，使土中鉀易於分解，使土壤溶液趨於鹼性反應，排水困難。又因氯化物有損煙草品質，故宜斟酌情形選擇精製品或原礦鉀鹽以合乎所希望之目的。

(3) 雨量多之地方，流失機會亦多，施用價廉之原礦鉀鹽 (Crude salts) 如開乃特 (Kainit) 之類，以補充土壤可溶成分之損失最爲得策。反之雨量少之地方，流失機會少，施用濃厚之鉀質肥料如磷酸鉀，銨鉀較之他



種鉀肥料爲佳云。在我國當以草木灰爲主。

### 第三節 肥料評價 (Valuation of Fertilizer Materials)

供給同一要素之肥料，其價值有貴賤，此固依效力之遲速而分，如能細心研究各種肥料價值，而計其每單位氮磷鉀之真價格，往往得以廉價而購得合乎目的之肥料三要素。

肥料價值有真價與市價之別，市價指在市場之買賣價格而言。肥料之真價大概依三要素量之多寡及分解之難易爲標準。在同一種類之肥料中，三要素含量愈多者通常價值較廉。肥料之市價不必與真價相一致，或高或低宜先察市價而計其廉否。欲計算肥料之真價，要先知各種形態三要素一定量之標準價格，此種價格，常伴各種肥料市價之變動，而時有高低。因之三要素間價格之比率，亦非一定不變，而時有變遷。故宜常行計算以定三要素一定量之價格，及其價格之比率。欲計算三要素之標準價格，可先選定重要肥料，依其平均成分及市價與肥效率，計算各種形態一定量之價格。通常以過磷酸石灰，硝酸鈣，或硫酸銨爲標準，計算法如次：

#### 一 磷肥之評價法

磷酸肥料中占主要位置者，爲過磷酸石灰，故先計算該肥料水溶性磷酸一定量之價值，次及於其他之磷酸，此最便之法也。今設有過磷酸石灰，其每百斤市價爲四元，成分如下表：(四)

可溶於水之磷酸

15.0%

不溶性磷酸

1.0%

不溶於水而溶於檸檬酸銨液之磷酸

0.5%

全磷酸

16.5%

然如上述過磷酸石灰中之磷酸為三種之形態，各異其肥料的價值 (Manurial value)，故宜參酌其肥料效率，評定各種形態之磷酸價格。示諸種磷酸之肥料效率如下：

水溶性磷酸	100%	植物性磷酸	35%
還元磷酸	84%	灰類之磷酸	23%
動物性磷酸	65%	礦粉之磷酸 (不溶性)	8%

今參酌上表所示之肥效率，自前揭之過磷酸石灰之成分，及其市價，算定水溶性之磷酸，還元磷酸，及不溶性磷酸，每斤之價格如下：(每一單位價格)

$$15 \times 100 = 1500 \text{ (水溶性磷酸)}$$

$$0.5 \times 84 = 42 \text{ (還元磷酸，即檸檬酸銨可溶)}$$

$$\frac{1 \times 8 = 8 \text{ (不溶性磷酸)}}{1550 \text{ (磷酸全量)}}$$

$$1550 : 4 \text{ (元)} = 1500 : x \quad x = 3.86 \text{ 元 (過磷酸石灰百斤中水溶性磷酸之價格)}$$

$$\therefore \text{水溶性磷酸一斤價格} = \frac{3.86}{15} = 0.254 \text{ 元}$$

$$\text{又 } 1550 : 4 = 42 \div y \quad y = 0.18 \text{ 元}$$

$$\therefore \text{過酸性磷酸一斤之價格} = \frac{0.28}{0.5} = 0.36 \text{ 元}$$

$$\text{又 } 1550 : 4 = 8 : Z \quad Z = 0.0206 \text{ 元}$$

$$\therefore \text{不溶性磷酸一斤之價格} = \frac{0.0206}{1} = 0.0206 \text{ 元}$$

由此可知過磷酸石灰中各種形態之磷酸，其價格每斤如下：

水溶性磷酸 0.254 元

還元磷酸 0.036 元

不溶性磷酸 0.0206 元

又據上列成績算出動物性及植物性磷酸一斤之標準價格如下：

$$100 : 65 = 0.254 : x \quad x = 0.165 \text{ 元 (動物性磷酸)}$$

$$100 : 35 = 0.254 : x \quad x = 0.089 \text{ 元 (植物性磷酸)}$$

## 二 肥料之市價廉否計算法

今設硫酸銨每百斤大洋 120 元，而氮素含量為 20%，問每斤氮素價值幾何？

$$120 \div 20\% = 0.60 \text{ 元} \quad \text{氮素每斤值六角}$$

複雜成分之肥料則可依下列方法計算：今設人糞尿之平均成分為氮氣 0.57%，磷酸 0.13%，加里 0.21%，而

每擔市價大洋三角。又豆餅成分爲氮氣 7.0%，磷酸 1.5%，加里 2.0%，每擔市價大洋五元五角，問三要素之價格孰廉？

$$\text{人糞尿} = 0.57 + 0.13 + 0.21 = 0.91, \text{ 即 } \frac{0.30}{0.91} = 0.33 \text{ 元} \quad (\text{三要素每斤之價})$$

$$\text{豆餅} = 7.0 + 1.5 + 2.0 = 10.5 \quad \frac{5.50}{10.5} = 0.524 \text{ 元}$$

由此可知人糞尿之三要素廉於豆餅。又欲知每種肥料氮氣單獨之價格時，可先算出肥料中所含磷及加里之價格，自該肥料之市價減去之，以氮氣之量除其殘額，當得氮氣一定量之價格（但加里之價格假定與磷酸同）

$$\text{人糞尿中氮氣每斤價值} = \frac{0.3 - (0.13 \times 0.165) + (0.21 \times 0.165)}{0.57} = \frac{0.244}{0.57} = 0.50 \text{ 元}$$

$$\text{豆餅中氮氣每斤價值} = \frac{5.50 - (1.5 \times 0.0889) + (2 \times 0.389)}{7.0} = \frac{5.1885}{7} = 0.74 \text{ 元}$$

據大工原博士之調查，氮氣與磷酸之價格比率爲五與〇·九八，若準是以比較有機肥料之廉否，則氮氣與磷酸之比較的價值以五與一爲適當，但加里與氮氣之價格比率可視爲與磷酸同，即

$$N : P_2O_5 : K_2O = 5 : 1 : 1$$

$$\therefore \text{人糞尿中氮氣每斤值 } 0.50 \text{ 元, 即 } P_2O_5 \text{ 及 } K_2O \text{ 各等於每斤 } 0.10 \text{ 元}$$

$$\therefore \text{豆餅中氮氣每斤值 } 0.74 \text{ 元, 即 } P_2O_5 \text{ 及 } K_2O \text{ 各等於每斤 } 0.141 \text{ 元}$$

據此，人糞尿之氮廉於硫酸銨之氮，而豆餅之氮為最貴。然此係民國二十二年春季廣州市之價格，今年豆餅之市價廉，而硫酸銨價貴，則每單位（一斤）之價格自然隨之而變更。依價格而為選擇肥料之標準不能不亦隨之而變矣。現時豆餅之銷途轉旺，硫酸銨轉弱者不為無因。

#### 第四節 施肥之方針 (Systems of Fertilization)

關於施肥之方針，自十九世紀以來經許多學者之主張而各有其法則，施於實際者亦復不少，就中最早者為單要素法 (Single element system)，當時之見解以為一種作物對於某一種要素，具有特效，其他要素不甚重要。例如氮氣之小麥，黑麥 (Tye)，燕麥 (Oats)，磷酸之於玉蜀黍，蘿蔔，高粱；加里之於馬鈴薯，及豆類是也。依現時植物營養上之見解，及肥料要素須有一定比例與平衡作用觀之，則施肥專注意某一種元素，不免有偏重之弊。

其次，則有主張充分供給磷酸與加里 (Abundant minerals) 者，蓋此二元素價值較廉而由土中流失之機會少，一時多用不致如氮氣肥料價昂，易於流失，使植物倒伏也。故依此方針施肥，土中常有充分磷酸及加里之供給，氮氣肥料則依栽培作物時而施入，使三要素常達一定之比例，便於作物之需求。此法雖不能認為完美，但其原理於經濟上頗有注意之價值。

第三，根據營養分被作物消耗量 (Amount of nutrients removed by crops) 為對象。依此方針，農作物之成分藉化學分析之指示，每年施肥量常與消耗量相當。此法不但未顧及各種不同之作物，在同一土地其對養料

互異其量；即同一土地，同一作物，因氣候稍有變更，亦大異其量。又每年土壤因沖刷、滲漏，而受之損失毫未計及，其量有時與植物所利用之量相等。

第四，在一般農業，常有一種經濟作物 (Money Crop) 以增加收入為目的，於此情形在每一輪作 (Crop rotation) 該種作物栽培之時，特別施用多量肥料，自較施於次要之作物為有利，其他作物不過利用其殘餘之肥料而已。此種殘餘之肥效，如能為後作物有利的利用，不失為一種節省工資之方法，然溫暖多雨之地，後作物不能利用，則未免浪費肥料矣。此法在美國多行之。

理想的施肥法 施肥究取如何之方針最為經濟而有效，僅上列中之兩種有重討論之必要。在無論何種肥料，磷酸及加里之供給量宜較氮氣為多，以略超過其比例為要，蓋氮肥之功效甚著，若偏於氮氣方面，不免有徒長及延遲成熟期之弊也。依此推之，主張充分供給磷酸及加里者，未可厚非。而對於某種經濟作物特別多施肥料者，未免有顧此失彼之嫌，蓋其殘餘之肥效，未必即為作物所能利用，或恰合該作物之需求也。

合理的施肥法，非就土壤，作物，肥料之組成，施肥量，輪栽次序等詳加研究不可。此不但化學肥料之宜然，即施用廐肥，石灰及其他天然肥料，亦不能悖此理。在一輪迴之中，分別何者為經濟作物，何者繼於某作物之後，能受殘餘肥效之益，如此不但直接受肥料者之有益，而繼之者亦兼籌並顧。

最宜注意者為地方之維持，依一定之步驟與施肥法，不但合乎經濟之原則，而生產量得以漸次增進，以維繫至於永久，斯盡肥培之能事矣。欲達此目的，牧畜農業 (Stock farming) 較穀類農業 (Grain farming) 易於成

功。

### 第五節 施肥之預措 (Treatment Before Application)

今欲以某種物質肥料，使之變為最有效之性狀，或使有害之物質變為有益之形態，要不可不有相當之準備，行此準備之方法曰施肥之預措。預措之方法頗多，今惟述其重要者於下：

(一) 粉碎 肥料粉碎之結果，雖不起化學的變化，而能變其物理的形狀，使之普及土中，增其效用，故肥料之為巨塊或粗粒者必先碎為粉末而後施之。

(二) 稀釋 作物吸收養分，自有一定之濃度，養分過於濃厚，則受其害不淺。例如施用新鮮人糞尿，而非加數倍之水以稀薄其溶液，則礙根之吸收作用，而肥料混有毒性之物質者，濃度愈大，害愈烈；欲減輕此等之有害，方法雖有數種，而水稀釋之最為簡易，惟稀釋度當因物質而殊，即在同一物質，亦宜視土地之乾溼，吸收力之強弱，作物之成長度等而變通之。

(三) 溶解 凡施用可溶之濃肥料，宜混之以水，使為適度之溶液（0.25%以下）而後施用之。固形物雖粉末極細，而欲使之分佈土壤無稍濃厚勢實有所不能。一旦作成溶液，則浸潤於土壤中之孔竅，土壤之細粒密接，遂因土壤之吸收作用而普及於土中矣。

(四) 增容 肥料之富於養分而容積小者（例如智利硝硫酸銨等），對於一畝不過施用十餘斤或數十

斤。用量如此之少，而望其普及土中無稍遺漏，蓋亦難矣。故此等肥料，宜先與容積巨大之堆肥或乾土善為混合，而後撒佈之。如是則分佈平均無過不及之弊矣。

(五) 腐敗醱酵 腐敗醱酵云者，諸物質因細菌之作用而分解也。依此方法則凡物質之不能直接為作物之養料者，皆可使之變為有效之形態。他如有害於植物之有機成分，亦可使變為無害，且轉為有益之性狀；即如效果遲緩之肥料，亦得藉此而速顯其效。古來農家慣用此法於有機質肥料者，良有以也。惟因腐敗醱酵所生之化學的變化極複雜，今日尙未明者頗多，而於其中間之變化為尤然。況原料之性質互殊，成分亦因以不同，其變化各相歧異，而未易究詰者乎。然普通有機物因腐敗醱酵所起之變化，可得而言者：如蛋白質，含有多量之氮素者，其中間之變化雖未易明，而大抵變為種種醱胺，氨基酸(Amide, Amino acid)及有機酸。最後變為亞母尼亞，碳酸銻，碳酸氫體水等。在含有硫黃者，最後生硫化氫，更受氧化作用變為硫鹽類。如為炭水化物，先變為脂肪酸類，終變為炭酸及水。脂油類之變化，亦與此略同。此等有機物分解之結果，其最後之生產物，除硫化氫外，皆有益於植物之生育者也。然當有機物之腐敗醱酵，尙未完結時，其中間之變化，有害於植物者有之。而於酸類之生成為尤然。故有機質肥料，必俟其腐敗醱酵之完結，而後施用之。然於圃場休閒之際，預投有機質肥料於土中，使之腐敗變化者，亦有之。如此則因炭酸氣體之發生，改良土壤之理化學上性質，他日植物之生育亦當隱受其利。然如土質黏重，或氣候寒冷之處，或休閒期至短之時，則有機物分解未終，作物栽培之期已至者有之。於如此之土地，而欲使肥料在土中腐敗，流害必多，不如俟其充分醱酵而後用之較為穩便也。即不得已行之，非先行排水耕耘土壤不可。



(六) 灰化 灰化云者，謂燃燒物質使化為灰也，因灰化所起之化學的變化極複雜。其詳無由知之。然有機物灰化之結果，其殘留於後者為碳酸鹽 (Carbonate) 磷酸鹽 (Phosphate) 硫酸鹽 (Sulphate) 等之無機物。有機物則均飛逸以去。而無機鹽類亦且因高溫而變為難溶性。故灰化法惟於有毒之物質。或非灰化不能用為肥料者可行之，否則有損無益。

#### 第六節 施肥之方法 (Methods of Application)

施肥之方法固宜視農作物之性質，肥料之狀態，性質，及其他事情而殊，有未可一概而論者。今惟就普通所用之方法，而略言之：

(一) 撒施 (Broad casting) 不問肥料之形狀何如，於播種或移植前數日撒肥料於圃場之全面積也。歐美之大農制多用此法。

(二) 條施 (Row or furrow application) 沿行列而施肥料於其間，彼條播之棉花，小麥，甘蔗等之施肥即此類也。開淺溝隨種子而施入，亦屬此種。

(三) 圍施 (Hill application) 栽培作物之前，或播下種子之際，或於苗之根際穿穴而施用之者也。需要肥料最多之作物，或施肥量少者概用此法。

(四) 環施 (Circulating application) 於作物根際之周圍掘一圓溝，環繞而施之者也。通常行於果樹，

(圖二十五) 肥料之施用



(上) 施肥機工作情形  
(下) 石灰散佈機工作情形

其狀如環，故有此名。至於距離之遠近，以離樹幹周圍之長之三倍為最適云。

(五) 頂施 (Top dressing)

將肥料施於種子上部之謂也。此法多用於排水良好之土壤，淺根，種子壯大之

作物，及最易溶解之速效性肥料。用為追肥，以補給肥料之不足而促進作物之生長為目的。

施肥量宜少，氮氣含量不多，種子與肥料間之距離至少一英寸，如與種子接觸，頗易為害。撒

施，條施，圈施，皆無不可。

(六) 側施 (Side application)

置肥料於種子之側，大約距離一寸至二寸，黏性

土壤與深根作物，通用之方法也。

(七) 底施 (Bottom application)

先施肥料混入土中，而後播種子於其上，即所謂底施也。此為最通行

之方法，多行於容積大之有機質肥料。

第十七章 肥料之選擇及施用

二九五

(八) 觸施(Contact application) 將種子與肥料同時，施入土中，二者互相接觸，即所謂觸施也。播種機附帶施肥機而同時工作，與我國之種豆類時，常混入灰糞而同時播種皆屬此種。此法最節省人工，但往往因種子周圍土壤溶液過於濃厚，有不能吸收水分而不能發芽，或雖發芽而易於萎死之弊。

以上所述之施肥方式，皆互有得失，未易判定其優劣。撒施能使養分普及土中，而施肥後再與耕土混合而攪拌之，其利尤溥，然依作物之種類，不能盡利用其肥料成分者有之。如是則不免徒耗養分。且撒佈之面積廣大，其流失之量亦必較多。條施則有效成分之供給，限於一部分，肥料之用量，不要如撒施之多，且分佈之面積較狹，其損失之量，亦較少於前者。然作物栽培後，非善為整地，將耕土充分攪拌之，則土壤各部肥瘠不均，對於次作之植物不能勻給其養分。團施則其施肥面積更狹隘，能巧用此法既可節約肥料，又可大減養分流失之弊。然各團之用量不易平均。作物之生長及成熟每因之參差不齊。且對於次作之整地，較之條施時更非特加注意不可。

要而論之，肥料之為揮發性者，宜取團施法，以免養分之發散。肥料之尚需氧化者，則可用撒施法，以廣其接觸空氣之面積。作物之根蔓延甚廣者，所施肥料以撒施為宜。至作物需用養分甚多時，則可採團施法，使養分集中於根之附近。此外宜參酌土質氣候及土地之利用法變通行之。

大凡肥料距離植物之根部愈近，其效力愈大，但有過於濃厚傷害作物之弊，用頂施法施用追肥之時，尤不可與嫩葉接觸。氮氣肥料最宜注意，加里肥料次之，磷酸肥料鮮有為害者。

## 第七節 施肥之時期 (Time of Application)

施肥時期之適否，其影響於作物之收量及品質者不鮮。施肥之時期固因種種之事情而不一，然要在遲早得宜，使作物需用養分最切之時，得充分吸收。施肥之時期與有直接關係者，肥料之性質與栽培之目的也。今就此二點略論之：肥料之性質苟有懸殊，雖用之於同一作物，其施肥期亦不得不異。例如廐肥堆肥等效力遲緩，過磷或石灰雖為速效性肥料，而非使之普及於土壤粒子間，其效能不能充分發揮。此等肥料皆宜用為基肥，施之於移植前或播種前，使完全其分解作用，或普及作用。人糞尿，硫酸銨等為速效性肥料，宜用為追肥，分次施之。即有時用為基肥，亦僅可施其一部分，其餘皆宜補給之。若以速效性肥料為基肥時，多用之則不惟養分之損失甚鉅，且普通作物於生長期徒繁茂其莖葉，對於害蟲病害之抵抗力因以薄弱，至生育中途反形缺乏，遂減其收穫量矣，例如栽培水稻苗田之肥料過多，本田之肥料過少，實悖施肥之要旨也。

按稻在廣東氣候第一季自五月下旬至六月上旬生長最盛，需用養分亦最多，其先所施之肥料苟足應其要求，斯亦可矣。萬一基肥中所含之養分不足，則宜用速效性肥料為追肥以補其缺。然施用追肥苟失之遲則不可，蓋在需實作物，個體之生育既達於極度後，若土壤中養分尚豐，則結實決不能完全。若追肥之時期失之過遲，或誤用遲效性肥料則作物至成熟期而尚生長不已，欲求其收量之豐亦難矣。稻之華而不實者皆由於追肥之遲用，或追肥之用遲效性者有以致之也。故栽培水稻所用追肥之適期，雖當因風土而異，普通以將近孕穗期為最宜。他如麥

之追肥宜於十二月初旬（廣東）在長江以北宜於春分前施之，越此時期，則易罹病害矣。如葉菜類，其生長期短，需用氮氣甚多，宜分施速效性肥料，使養分常形潤澤，否則肥料成分一告缺乏，則其葉硬固傷其品質矣。如煙草之追肥宜於移植後十數日內施之，遲則損失其香氣，傷其色澤矣。

#### 第八節 施肥之其他事項 (Other Points on Application of Fertilizers)

(1) 深淺之關係 司脫不 (Stubbs) (六) 氏在路西安那 (Louisiana) 農事試驗場，試驗施肥之深淺與棉花之產量關係，其結果以施入土中二至三英寸為最適云。

金氏 (King) 及灰提生 (Wilson) (七) 對於玉蜀黍之試驗，所用之肥料為硝酸鉀與氯化鉀。據其結果，肥料施於表面者，產量最低，九英寸者次之，三英寸者得最高之平均產量。

(2) 種子發芽之影響 漢其生及吳耳夫 (Hutcherson and Wolfe) (八) 關於施肥法與種子發芽之影響，作許多之試驗，依其結果。在埴質壤土 (Silt loam) 種子之發芽力凡在撒施者，均較隨種子而條施者平均數為高。在砂土者，除硫酸鉀與過磷酸石灰外，撒施優於條施。哈斯克耳 (Haskell) 謂含水性成分少之過磷酸石灰，於普通之施肥量，不問施肥法何如，均比較的安全。即與種子接觸，亦較混合肥料之含有氮、磷、鉀三要素者安全。種子之發芽力依作物、土壤、水分等而影響互異，雨量多之地方條施或團施易著肥效，亦最經濟；雨量少之地方，肥料集中一處之利益較少，且有過分刺激之虞云（施肥量參看第二十章第一節又第十九章）。

參考文獻

- 1 Bear, Firman E.: Theory and Practice in the Use of Fertilizers, pp. 262-265 (1929)
- 2 Van Slyke: Fertilizers and Crops pp. 406-423 (1932)
- 3 王正, 農藝化學試驗, 第二八六頁, 北平大學農學院, 民國二十一年。
- 4 小野寺伊勢之助, 肥料學各論第十五章。
- 5 Bear, Theory and Practice in the Use of Fertilizers, Chapter XX (1929)
- 6 Stubbs. W C. and Lee, J. G.: La. Agr Expt. Sta. Bul. 27, p. 469 (1899)
- 7 King, F, H., and Whinson, A. R.: Wisc. Agri. Expt. Sta. Report, (1900), pp. 201-203
- 8 Hutchison and Wolfe: The Effect of Fertilizers on Germination of Seeds. Va. Agri. Expt. Sta. Report. 1918-1919 p. 33.

(註一) 氮炭比率指有機質內所含氮素與炭素之比率。即  $\frac{O\%}{N\%}$  所得之數。比率大者有 1:30, 小者有 1:10 或 10 以下者。草稈類比率大者, 蛋白質豐富者, 比率小。

(註二) 假定土壤之氮比重平均為 1.5

## 第十八章 肥料之反應及配合 (The Reaction and Methods of Mixing Fertilizing

Materials)

### 第一節 肥料反應論之起源

一八八四年李璧熙 (Liebig) 因 Sassfurt 所產之加里鑛富於溶解性加里，而其肥效反不及木灰及其他之加里肥料，頗懷疑義，欲研究其理由，乃以巨金廣募論文，時有梅伊耳 (Adolf Meyer) 應此懸賞，提出精密之論文，其要旨則謂 Sassfurt 所產之加里鹽，其肥效所以不及木灰及其他之加里肥料者由於化合狀，應不適於植物之生育，即其為酸性也。梅伊耳又謂無機質肥料得分為三種：(一) 為生理的中性肥料；肥料中之酸基及鹽基殆以同等之比例吸收於作物者。例如硫酸石灰硝酸銨。(二) 為生理的酸性肥料；肥料中之鹽基吸收於作物之量，較多於酸者，例如硫酸銨硫酸銨。(三) 為生理的鹽基性肥料；肥料中之酸基吸收於作物之量，較多於鹽基者。例如碳酸鉀智利硝。梅伊耳又謂土壤中之碳酸石灰與土之豐饒有密接之關係。豐饒之土地必多碳酸石灰，多數之植物體中鹽基之量較多於酸基，故植物體之構成上所要之鹽基多於酸基者較為普通，蓋植物自土壤中吸收不溶性之鹽基，先由其根分泌酸液，使不溶性養分變為溶解性而後吸收其鹽類中之鹽基。故植物吸收鹽基愈多，土壤中酸之集積愈大，因而土壤呈酸性反應，以致妨礙植物之生育。今若土壤中有適量之碳酸石灰，則可中

和集於土壤中之酸，使土壤不致呈酸性反應，而常適於植物之生育。如此碳酸石灰有中和酸性之效，故能維持土壤之豐饒云。

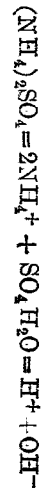
## 第二節 肥料反應之意義

肥料反應有二種：曰化學的反應 (Chemical reaction)，曰生理的反應 (Physiological reaction)。前者指水溶液固有之反應而言，其水溶液中氫離子 (Hydrogen ions) 存在時，其反應為酸性，此之謂化學的酸性肥料。氫氧離子存在時，其反應為鹽基性，此之謂化學的鹽基肥料。兩種離子俱不存在，或兩種離子同量存在者，其反應為中性，乃化學的中性肥料。

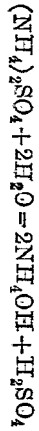
生理的反應乃梅伊耳 (Meyer) 之創論，已如前述，即肥料一經植物根之吸收作用後，反應則有生理的中性、酸性、鹽基性三種。但肥料未被植物吸收以前之反應為化學的。肥料施用後，應於兩者兼顧而後可。例如硫酸銨為化學的中性肥料。施之土壤中，受植物根之吸收作用時，銨離子 ( $\text{NH}_4^+$ ) 較  $\text{SO}_4^{2-}$  多，被植物根吸收利用，結局土壤中生出游離硫酸而呈酸性，故此肥料為生理的酸性肥料。又智利硝原為化學的中性肥料，施之於土壤中，為植物根所吸收利用，硝酸離子 ( $\text{NO}_3^-$ ) 較鈉離子 ( $\text{Na}^+$ ) 多，結局鈉多集積於土壤，呈鹽基性反應，故此肥料謂之生理的鹽基性肥料。硝酸銨不獨為化學的中性肥料，亦為生理的中性肥料。以硝酸離子與亞母尼亞離子同樣為植物所吸收利用故也。硫酸銨與智利硝適宜混合施用，則恰如硝酸銨之作用，故其效特著焉。茲更以化學方程式表明



肥料生理的反應於次：

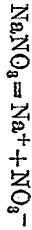


由此觀之，則硫酸之水溶液中常有四種離子  $NH_4^+$ 、 $SO_4^-$ 、 $H^+$ 、 $OH^-$  存在也明矣。此四種離子在溶液中互相保持平衡狀態而生成微量氫氧化銦及硫酸，此即加水分解現象也。



滲入細胞之陰離子 ( $SO_4^-$ ) 與陽離子 ( $NH_4^+$ ) 為植物所利用者決非形成硫酸銦 ( $(NH_4)_2SO_4$ ) 之比例，其陽離子比陰離子利用多。何以知之？於植物體中含氮氣與硫黃不同知之也。同樣比例吸入植物體中硫黃與氮氣當然亦以化合比例存在，而硫酸銦肥料受植物之生理作用後亦為中性，今事實既大相反，此所以受植物根之吸收利用時，溶液常呈酸性反應也。

智利硝為生理的鹽基性肥料之說明亦可同樣為之，即此肥料之水溶液如次式解離而為鈉與硝酸離子：



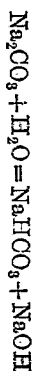
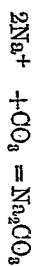
又因加水分解作用之結果而生硝酸與氫氧化鈉：



此溶液在土壤中與植物根相接觸時，溶液中解離之陽離子  $Na^+$  及陰離子  $NO_3^-$ ，因滲透作用而漸次滲入植物根毛之細胞。但此肥料之對於植物與硫酸銦不同， $NO_3^-$  比之  $Na^+$  利用者多。結局細胞內之溶液與土壤

中之溶液中  $\text{NO}_3^-$  之濃度減少。

如連年施用多量的硝酸鈉則  $\text{Na}^+$  殘留愈多，鈉與土中之碳酸結合遂變為碳酸鈉。



碳酸鈉經加水分解 (Hydrolysis) 而生碳酸氫鈉及氫氧化鈉，故智利硝之水溶液在土壤中受植物之生理的作用愈進行，土壤溶液之鹽基度愈以增加也。

### 第三節 有機質肥料分解後之反應

有機質肥料之組成得大別之為貧氮及富氮有機物之二種。前者例如米糠，後者例如血粉。有機質分解時其變化異常複雜，未易殫述，惟從反應上觀察之，貧氮有機物分解時生蟻酸，醋酸，乳酸等，呈酸性反應者也。米糠含氮極少，其分解後之反應得視為酸性。富氮有機物分解時，其變化更複雜，有時先生銜基酸 (Amino-acids) 更因 Amino-acids 之分解生琥珀酸 (Succinic-acid) 等呈酸性反應，且與此等之分解作用相先後生有機鹽基，亞母尼亞鹽類及碳酸銻，以呈鹽基性反應。而自富氮有機物所生成之銻鹽類，一部為所吸收，一部漸次氧化變為硝酸鹽，多半為硝酸石灰，及硝酸鉀，故其化學的反應為中性，而其生理的反應為鹽基性或為中性。

如上所述，含氮有機物分解時之反應頗複雜，有時呈酸性反應，或鹽基性反應，有時殆常呈鹽基性反應，故通

全體而言之，其反應果爲何性質頗難斷言。然概而言之，謂含氮有機物分解時之反應，傾於鹽基性亦可。例如血粉含氮較多，其分解時所呈之反應，大體上得視爲鹽基性。惟多數之有機質肥料，其所含有之無氮及含氮有機物各異其量，故其分解所呈之反應未易明言。即同一之有機質肥料而因水溼之多寡溫度之高低，微生物之關係，空氣流通之良否，土壤之性質，施量之多少等，其分解有難者，有易者，有遲者，有速者，或有常呈酸性反應者，或有常呈鹽基性反應者，故雖爲同一之有機質肥料，而研究其反應，在水田所得之成績與旱田所得之成績迥然不同。茲概括化學的與生理的反應分別肥料如下：

(一) 酸性肥料 (1) 化學的酸性肥料 過磷酸石灰，重過磷酸石灰，磷酸銨。

(2) 生理的酸性肥料 硫酸銨，氯化銨，硫酸鉀，氯化鉀，鉀瀉鹽 (Kantil)，米糠，綠肥，路那硝，路那磷，路那磷鉀。

(二) 鹽基性肥料 (1) 化學的鹽基性肥料 碳酸鉀，草木灰，石灰氮氣，鹽基性硝酸石灰，腐敗人糞尿，湯馬斯磷肥，石灰，骨粉，磷礦粉。

(2) 生理的鹽基性肥料 中性硝酸石灰，智利硝，血粉，肉粉，堆肥，油粕，魚肥。

此等肥料中，大豆粕及其他油粕，大體上得認爲弱鹽基性肥料，然其分解之初期，常呈酸性反應。此現象於水田中持續尤久。故此等肥料就冰田論之，可稱爲中性或弱酸性肥料。

(三) 中性肥料 硝酸銨，硝酸鉀，硝磷鉀。

#### 第四節 肥料反應與收穫連用之關係

配合肥料之反應，或爲酸性，或爲鹽基性，或爲中性，其及於收穫之影響頗大。其影響雖因作物之種類而異，而配合反應之得其宜者，比之不然者收穫之增加，少則 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{3}$ ，多則達於 $\frac{2}{3}$ 者有之。配合肥料之反應，以何者爲最適當？多數之作物以中性或弱鹽基性時最能遂其生育，其反應爲酸性或爲鹽基性時，其生育皆不甚良，且有阻其生育陷於萎縮狀態者。豆科作物比之禾本科植物受酸性反應之惡影響大。而在豆科植物中，則豌豆比之蠶豆，其惡影響大。在禾本科，則大麥比之稻及小麥其感應更速。

運用同一反應之肥料於同一土地，則其影響當與栽培之次數俱增。今設於中性土壤運用中性或弱鹽基性之配合肥料，或運用酸性或鹽基性之配合肥料，則其肥料效能之差，亦與順次遞增。至運用酸性肥料於酸性土壤，或運用鹽基性肥料於鹽基性土壤，其影響愈久而愈大，不俟言矣。廣東土壤大半酸性，近年多施用硫酸銨，農民貪其便利價廉，多有不與人糞尿，豆餅摻和施用者。最初一二年間尚不覺其害，數年後則土地板滯，作物生長不良，農民亦因之而受損失，此不可不注意者。適於中性土壤之肥料配合，舉其例如次：

(1) 硫酸銨 + 骨粉 + 硫酸鉀

(2) 智利硝 + 過磷酸石灰 + 硫酸鉀

(3) 血粉、肉粉、魚肥 + 過磷酸石灰 + 硫酸鉀

- (4) 油粕類十過磷酸石灰十硫酸鉀
- (5) 石灰氮素十過磷酸石灰十硫酸鉀
- (6) 腐熟人糞尿及廐肥十過磷酸石灰十硫酸鉀
- (7) 綠肥十過磷酸石灰十木灰
- (8) 硫酸銨十過磷酸石灰十草木灰
- (9) 硫酸銨十湯馬斯磷肥十硫酸鉀
- (10) 硫酸銨十過磷酸石灰十硫酸鉀十 $\text{CaCO}_3$
- (11) 智利硝十骨粉十硫酸鉀十石膏
- (12) 蠶蛹粕十過磷酸石灰十木灰

### 第五節 肥料之配合 (Mixing of Fertilizing Materials)

如前所述，施於作物之三要素量，因作物之種類而異。故肥料所含之三要素，宜恰如作物所要養分之比率。蓋作物之收量，為最少養分率所支配，三要素之比率，不得其宜，則養分之徒費不少也。然養分之需用量，固因作物而殊，而一種肥料，恰含有作物所要之養分者甚鮮。故宜調合數種之適當肥料，以使三要素之比率，無過不及。例如栽培水稻所要之氮氣及磷酸，固宜視土地之肥瘠而加減其量，然苟使氮氣與磷酸之比率為2:1.5，當無大誤。然從

來農家所慣用之肥料，其成分概偏於氮氣，而含有磷酸頗少。若單用此等肥料，則氮氣與磷酸之比率不得其宜。故欲使肥料養分之比率恰合於稻所要養分之比率，舍混用數種之適當肥料，實無其道。此肥料之配合所以為必要也。

(1) 配合之方式：肥料依成分含量之不同，可由三種單純肥料或不完全肥料 (Incomplete fertilizers) 配合而成種種之完全肥料，其命名法有三：

(1) 依所含要素名稱而命名者，如硝磷鉀 (Nitrophoska)、銹磷鉀 (Ammosphoska) 之類，一望而知其內容為何如也 (參看第十四章表五十九)。

(2) 依分析之百分數而命名者，如 6-3-3，讀法為六三三肥料，意為含有 6% 氮 (N)，3% 磷酸 ( $P_2O_5$ )，3% 加里 ( $K_2O$ )。依百分數命名通常三要素含量超過 10% 其濃厚之肥料有達 50% 者。

(3) 依三要素之比率 (Ratio) 而命名者，通常將三要素百分數分為十以內之簡單比率。例如 3-9-18 及 4-12-24% 肥料，化為簡單比率即為 1-3-6。三數之和為十，6-15-9 肥料化為 2-5-3，其和仍為十也。此方式無論何種分析之肥料，皆可以納入於有限之比率內所謂三角形方式 (Triangle system) 是也。茲將各種單純肥料配成一噸所要之磅數及表示之方式列表如下 (表七十)

如以每畝為單位而定需要三要素時，亦可由表中選擇適合目的配合方式，例如某種作物，在某處，需要每畝 N, 10 斤;  $P_2O_5$  6 斤;  $K_2O$  4 斤，則用 15-9-6% 肥料 66.6 斤，所含之三要素量恰如上數。

表七十二 肥料配合方式及配合量之一例

比 率	百 分 率	安 福 粉	硫 酸 銨	氧 化 鉀	添 加 物	總 共 磅 數
Ratio	Analysis	11-48-0	20-0-0	0-0-50	Supplement	Total
2-3-6	3-9-18	375	95	720	810	2000
	5-15-30	625	155	1200	20	2000
2-3-6	6-9-15	375	395	600	630	2000
	8-12-20	500	525	800	175	2000
2-4-4	9-12-12	500	325	480	695	2000
	8-16-16	670	430	640	260	2000
2-5-3	6-15-9	625	265	380	755	2000
	10-30-10	835	345	480	340	2000
2-6-2	6-18-6	750	190	240	820	2000
	10-30-10	1250	315	400	35	2000
3-3-4	9-9-12	875	695	480	450	2000
	9-12-9	500	625	360	515	2000
3-4-3	12-10-12	670	835	480	15	2000

8-5-2	9-15-6	625	660	240	575	2000
	12-20-8	805	750	320	95	2000
5-3-2	15-9-6	375	1205	240	90	2000

(二) 肥料配合之計算法 設於某一定面積栽培水稻，其所施用之氮氣為二斤，磷酸一斤半，擬以廐肥，人糞尿，及過磷酸石灰為肥料。則此等肥料應以如何之比率配合之，其計算法如次：

(1) 假定廐肥中之氮氣為 0.5%，磷酸為 0.26%，人糞尿之氮氣為 0.57%，磷酸為 0.15% 過磷酸石灰中之磷酸為 15%，若以廐肥 160 斤為基肥，則此廐肥所含之氮氣量及磷酸量如次：

$$\text{氮氣} \quad 100 : 0.5 = 160 : x \quad x = 0.8 \text{ 斤}$$

$$\text{磷酸} \quad 100 : 0.26 = 160 : x \quad x = 0.416 \text{ 斤}$$

以此等量與原定用量相較，氮氣尚短 1.2 斤，磷酸尚短 1.084 斤，故欲以人糞尿補足此 1.2 斤之氮氣當用人糞尿 210.56 斤。此 210.56 斤之人糞尿中，含有磷酸 0.274 斤與前之廐肥之磷酸 0.416 斤相加，僅有 0.274 斤。比之原定磷酸之用量 1.5 斤，尚短 0.81 斤。今以過磷酸石灰補此不足之磷酸，其用量應若干，得如次計算之：

$$15 : 100 = 0.810 : x \quad x = 5.4 \text{ 斤}$$

即施用廐肥 160 斤，人糞尿 210.53 斤，及過磷酸 5.4 斤恰符原定氮氣及磷酸之用量也。然如前章所述肥料之養分非悉為作物所吸收，而其吸收率因肥料之種類而大異。吸收率（即利用率）之小者其用量宜較其大



者多。故當計算肥料之配合量，亦宜參酌各種肥料之吸收率而善加減之。

(2) 例如某種作物施用之肥料，需要 3.5% N, 3.0% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10.0% K<sub>2</sub>O，或三要素之方式寫如 3.5-10-10 又用下列各種物質以供給三要素，今欲配合一千斤肥料如上述三要素比例，問各需若干斤？

硝酸鈉含百分之十五氮氣

過磷酸石灰含百分之十四有效磷酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

氯化鉀含百分之五十加里(K<sub>2</sub>O)

此題算法第一求一千斤配合肥料中應含之氮氣磷配加里量。以十乘三要素之比率數即得。

氮氣..... 3.5 × 10 = 35 斤

磷酸..... 8.0 × 10 = 80 斤

加里..... 10 × 10 = 100 斤

第二，求若干斤硝酸鈉可以供給三十五斤氮氣，若干斤過磷酸石灰可以供給八十斤磷酸，若干斤氯化鉀可以供給一百斤加里。

(35 ÷ 15) × 100 = 230 斤 硝酸鈉

(80 ÷ 14) × 100 = 570 斤 過磷酸石灰

(100 ÷ 50) × 100 = 200 斤 氯化鉀

此三數相加恰爲一千斤。有時算出之數不够一千斤，則加入相當量之垃圾，泥土，或其他有機質以湊足此數。例如欲配合一千斤肥料，而其成分之方式爲  $4-5-3$ 。依前法如以硫酸銹含 20% N，則要 200 斤過磷酸石灰爲 365 斤，氯化鉀爲 78 斤。合計爲 635 斤，尚差 365 斤，故除主要肥料之外，更摻和 365 斤之塵芥，垃圾，泥土等物以作成一千斤。此等添加物稱爲 Fillers 或 Supplement。大凡分析愈低者，添加物愈多，故購買肥料以分析高 (High analysis) 者爲佳。混合物有潮溼性者常加入乾燥劑 (Drier) 以增進其物理性質，有機質肥料如乾血粉，骨肉粉，魚肥等皆適合此目的。

## 第六節 自家配合 (Home Mixing)

無論化學肥料或天然肥料均可照三要素比例算出各該單純肥料需要若干斤，分別稱得重量，即可自家配合，不必向肥料商購買已經配合者。其手續如次：

- (1) 若有粗塊者須預先選出打碎，細土篩通過。溼潤者先篩，乾者次之。
- (2) 篩過之後，即預備混合，普通以含磷之肥料先散佈於平整土敏土地上，使其厚薄均勻，其次散佈容積較小之物質，普通爲氮氣肥料，再其次散佈容積最小之物質，普通爲加里肥料。散佈之時務求均勻，不可一處過多或過少。散佈既畢，以鏟從地面之一端由底翻混，隨鏟隨混。從四圍鏟作成一堆，再行散開，再鏟成一堆，如是者數次，俟全體有同一色澤，各種單純肥料不可復辨時爲止。最好混合後之肥料再篩過一次。

(圖解二十六) 肥料之混合法



(3) 儲藏 配合後之肥料有不宜儲藏者，宜即時施用，可以儲藏者，可分別稱足五十斤或一百斤裝載袋內，以備施用。

配合之方法既如前述，農家自己配合利弊如何，亦值得討論者。

(甲) 利益方面 (1) 較為經濟——照前項舉例若農家向商人買配合肥料一千斤中常有一二百斤塵芥，垃圾之類，並非所欲購之物，不但增加運費，而其價值往往較單純肥料為貴。大概每千斤較貴五元至十元，此數即配合之工價，多費之運費，及肥料商之利益，若農家自己配合，則此數可以節省。

(2) 容易辨認——如自家配合，則所買硫酸銨，過磷酸石灰等各有其特徵，如以皮屑粉冒充硝酸鈉，自容易辨別。但在混合之肥料，單憑眼力，非易事也。故自己配合，農人可減免欺偽而得良好肥料。

(3) 可以隨意增減三要素量——由經驗及觀察。可以相作物種類土壤肥瘠而配合適當之肥料。配妥之肥料未必適於各特別目的各種不同之土壤作物。

(4) 增加對於肥料之知識——已經配合之肥料不知其組成究係何物，如購單純之氮磷鉀肥料，則對其性質，形狀，用法，肥效等漸次明瞭，何者宜多，何者宜少，何者宜避，凡此種種知識皆可得之。

(乙) 弊端方面(1) 自家配合之肥料，常常不如機械配合者之均勻，一部分含有某種成分過多，而他部分又嫌有不足之弊。

(2) 組成既不均一，往往有害植物之生育。

(3) 農民因缺少知識，常足使肥料損失或品質變壞之虞。

### 第七節 配合上之注意

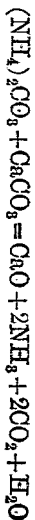
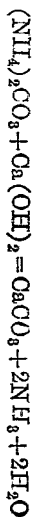
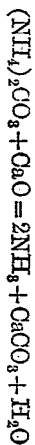
肥料之配合固為施肥上所必要，然配合二種以上之肥料，其方法若失其宜，則貴重之成分，因以損失，或惡變成分之狀態，減少肥料之價值，故當配合肥料時宜鑒肥料之性狀慎為選擇以期無蹈斯弊。而肥料之配合後，成分之變化，得大別之為左之三種即：

(一) 肥料成分之損失者；(二) 肥料成分之狀態惡變者；(三) 肥料配合上之無惡影響者。

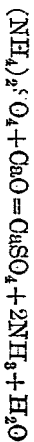
(一) 肥料成分之損失者(甲) 亞母尼亞態氮氣之損失 如人糞尿酸酸銨等含有  $\text{NH}_3$  態氮氣之肥

料，若與石灰、草木灰、湯馬斯燐肥、石灰氮氣等直接混合時，則發生游離之亞母尼亞而揮散氮氣，今舉數例說明之：

(1) 碳酸銹或腐熟人糞尿與石灰物質配合時之變化



(2) 硫酸銹與石灰物質配合時之變化

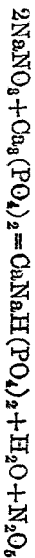


(3) 硫酸銹與石灰質配合時之變化



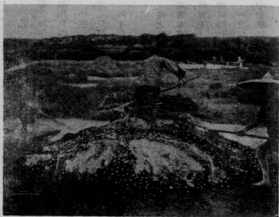
(乙) 硝酸態氮氣損失 (1) 智利硝與過磷酸石灰配合時之變化——如過磷酸石灰於智利硝久放

置之則智利硝漸次分解生無水硝酸而損其氮氣。



(2) 硝酸石灰或智利硝與硫酸鉀配合時之變化——混合硫酸鉀於硝酸石灰或智利硝時則吸收溼氣，

(圖二十七) 石灰不可與腐熟糞肥、堆肥或含有鉀鹽類之肥料混合！



第十八章 肥料之反應及配合

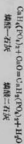
但此種腐熟糞肥、堆肥或含有鉀鹽類之肥料混合。

有潮解之處，氮氣因之損失。

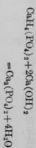
(二) 肥料成分狀態之變化者 (甲)

磷酸之還元 混和石灰、草木灰、石灰氮氣，等於過磷酸石灰，則惹起磷酸之還元作用，使可溶性磷酸變為不可溶性。今述過磷酸石灰與石灰質配合時之化學的變化於左，以示一般。

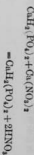
化。  
(1) 過磷酸石灰與生石灰配合時之變

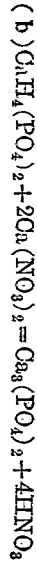


化。  
(2) 過磷酸石灰與硝石灰配合時之變



化。  
(3) 過磷酸石灰與硝酸石灰配合時之





(乙) 物理的狀態之變化 肥料配合後不直接影響於成分，而因吸溼固結，致肥料之處理上諸多窒礙者嘗有之。如混合鉀瀉鹽 (Kaini) 或硫酸鉀於石灰氮氣 (Lime nitrogen) 湯馬斯磷肥 (Thomas phosphate) 石灰，草木灰等長放置之，則呈此種現象，其適例也。

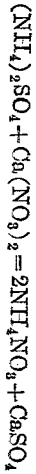
(三) 肥料配合上之無惡影響者 當配合肥料時，甲、乙肥料之成分間雖起置換作用，而不損失養分，或惡變之，且以甲肥料之優點補乙肥料之缺點者嘗有之，今舉二三之例說明之如左：

(1) 硫酸銹與智利硝之配合 此二者適宜混合，則生成硝酸銹與硫酸鈉如下：

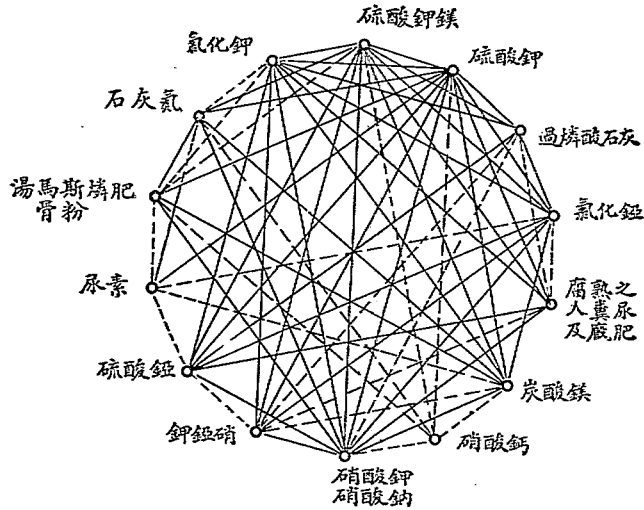


據之研究，對於智利硝所含硝酸鈉之二分子量與硫酸銹之一分子量混合經十日後，各成分間業起置換作用，其為本來之化合狀態者殆無之。然氮氣絕無損失，惟水分增加 1% 內外而已。再越二十日水分增加達於 8% 內外，至七十日後含水量達於 13%，而其所含氮氣之量仍不減少。故智利硝與硫酸銹配合，既可中和硫酸銹之生理的酸性，又可防智利硝之潮解性，故貯藏上及施肥上均多便利。

(2) 硫酸銹與硝酸石灰之配合 此二者混合時則硝酸銹與硫酸石灰，既可防止硝酸石灰之潮解，而又可中和硫酸銹之生理的酸性。



(圖解二十八) 肥料配合指示圖



實線(—)所聯肥料隨時可以混合者

虛線(- -)所聯肥料暫時可以混合而不可久置者

無線相聯接者絕對不可混合



(3) 硫酸銨與過磷酸石灰之配合 適宜混合過磷酸石灰與硫酸銨以製成一種之肥料歐洲嘗行之，所謂過磷酸銨鈣 (Ammoniaksuperphosphate) 者是也。

硫酸銨與過磷酸石灰配合時其化學的變化當視各肥料之品質而殊，然若混合物高堆積之，則經過二星期各成分間之變化全行完結。



#### 參考文獻

- I Van Slyke, *Fertilizers and Crops*, pp. 476-497
- II 鶴田萬平 肥料土壤寶典 二二一——三三三頁
- III Jacob and Coyle: *The Use of Fertilizers*, pp. 35-37 (1931)

## 第十九章 各種作物之施肥法 (Manuring of Different Crops)

每種作物具有其特別之性質，而各不相同，例如根部之強弱，生長期，肥料吸收力等是也。因此某種肥料適於此者未必適於彼，即或繁茂滋生而於品質不良，同一肥料用之於他種作物則生長與品質均屬良好者往往有之。查植物自土壤中攝取養分，皆藉根以行之，而根之能吸收養分者，全由於根毛之滲透作用以使土壤溶液上達。植物不惟吸收養分之機能有強弱，且有選擇養分之能力，例如土壤中含有氯化鈉及氯化鉀之溶液滲透根毛之膜壁，入其細胞內，至內外兩溶液中之氯化鉀與氯化鈉之濃度全均一時，當止其滲透作用，然鉀為多數植物所利用者較多於鈉，故鉀之滲入細胞者較鈉速。減其濃度與土壤液中鉀之濃度失其均衡，於是土壤液中之鉀直滲入細胞內，至保第二次之均衡而後止。土壤中鈉常多於鉀，而於植物之灰分中，其現象全反對者職是故也。由此觀之，植物於一定範圍之內，有選擇養分之能力，即植物吸收自己最必要之成分，較多於他成分可以知矣。

植物不惟吸收溶於土中之養分，即不溶解態之養分，亦能溶解而吸收之，此事早為李璧熙所注目，其後潘本 (Parbury) 將種種之巖石碎為粉末栽培大麥於巖石中，本無可溶性磷酸，而其收穫之大麥中，所含磷酸之量竟較其種子為多，又施克司 (Sachs) 嘗置平滑之大理石板於鉢中，數星期後檢視之，其板面因植物根之作用即有條痕甚多，此種腐蝕作用，概由於自根所發生之碳酸云。

植物之能攝取肥料成分者，概由於根之作用，已如前述，惟氮磷鉀皆為植物所必要，而其根所吸收之相互關係量，及絕對量，因植物之種類而殊，即各種植物對於肥料成分各異其需要。故欲使肥料成分充分發揮其效能，宜考察植物之需要，選定適宜之肥料，今略述數種作物之特性於下以供參考。

### 第一節 禾穀類 (Grain Crops)

禾穀類大都為淺根作物，鬚根密布於表土間，底土深處雖亦伸入不少，而吸收肥料普通多在表層。因此凡可溶性肥料施入土壤中愈近於表土為愈有效。例如大麥，小麥，稻等當生長之前半期，需要多量氮氣，但此時硝化作用尚未盛行，非至天氣較暖不能得充分硝酸鹽之供給，故最初於春季施肥時，氮氣肥料以硝酸鹽為最合宜。又如玉蜀黍生長期較長，生長最盛之時乃麥類成熟之後，氮氣肥料有機性為宜，雖其分解緩慢，得此長時間亦不患無以供給也。

禾穀類吸收加里之力最強，而吸收氮素之力最弱，磷酸之吸收之力位乎其間，故此類作物以氮素肥料為最要，磷酸肥料次之，而加里不須施給者亦時有之。然同為禾本科，而因作物之類別，及其生長季節之如何，大異其養分之吸收力。例如大麥，裸麥氮素之吸收力較強，磷酸及加里之吸收較弱，故因磷酸肥料及加里肥料之施用，而增其收量者有之，小麥則比之大麥裸麥加里磷酸之吸收力較強，氮素之吸收力較弱。故氮素肥料宜多用之。又如於冬作物（例如大麥小麥）所不易生長之瘠地，栽培夏作物（如陸稻，粟）可得相當之收量，此乃概由於氣候之

影響。蓋氣候愈早暖，土壤中養分之分解愈多，作物吸收其養分較易也。茲將各種作物特性再略述之如次：

(甲) 水稻

沖積土，或其他黏質壤土，排水良好之底地（非終年積水不乾者），皆為水稻之良好生長地，有機質過多之泥炭地則非所宜。關於水稻之施肥量固因土地肥瘠而有多寡之別，灌溉水之成分，亦大有關係。據意大利稻作試驗場落凡里 (Novoli) 氏之計算，每英畝若產穀及稈六千磅，其中所含三要素量如下：(1)

氮氣(N)	.....110磅
磷酸( $P_2O_5$ )	.....85磅
加里( $K_2O$ )	.....85磅

由此可見水稻需要氮氣最多，加里次之，磷酸又其次。

日本西原農事試驗場及其他之成績摘錄其要點如次：

(1) 稻對矽酸及加里吸收力強，故其莖葉頗硬，吸收磷酸之力弱，氮素之力更弱，故三要素之需要量有如下之順序；氮，磷，鉀。

(2) 需要氮素及加里最早，磷酸較遲，穗孕期前發揮吸收之最大能力，故施肥方法及肥料之選擇宜以此為標準。

(3) 氮素肥料中十分之六使用有機質氮素肥料如人糞尿，大豆餅等，其餘十分之四用亞母尼亞之無機

質肥料。

(4) 水田中空氣之流通不如旱田，故硝化作用進行甚遲，幸而水稻能利用亞母尼亞態氮氣。克力 (W. P. Kolley) 在夏威夷 (Hawaii) 農事試驗場 (II) 之試驗，施用硫酸銨於水稻最爲合宜，硝酸態之智利硝，硝酸石灰等因其易於流失，不宜施用，但可用之於陸稻。

(5) 磷酸肥料大部分施用骨粉爲理想的，但以經濟的關係，可以過磷酸石灰代替，加里肥料無論草木灰，氯化鉀，硫酸鉀均可使用。

(6) 有機物（堆肥，廐肥，綠肥等）必施用，以增加有機質，對於水田栽培綠肥作物最爲適當，豆餅亦最有效。

(7) 石灰自古用於水田，使用多量綠肥尤爲必要，大約每市畝每年施用六七十斤至百餘斤，依土壤酸度之強弱而定，有機物少之土壤三年必施一次，方呈好結果。但不可過多，反礙及稻作。

(8) 施肥量據日本之成績，每中畝改算約需氮素 10 至 12 公斤，磷酸 3.5 至 7.5 公斤，加里 3.5 至 7.5 公斤。然土地有肥瘠，施肥量自各有不同。據吉可布 (Gardner) 及可埃力 (Coyler) (III) 則所需三要素遙少，互有出入，列其數字如次：蓋集約與粗放不同施肥量各異也。

每英畝 (磅)

改算每市畝 (公斤)

氮氣 (N)

20-40

1.5-3.0

(Kg)

磷酸 ( $P_2O_5$ ) 37-67 2.8-3.2  
 加里 ( $K_2O$ ) 25-50 1.9-3.8

又據中山大學農學院教授丁穎在第二農場稻作試驗區對於三要素適量之實驗結果報告每中畝所需之  
 數舉示如下：(以硫酸銨、過磷酸鈣及碳酸鉀為肥料)

	N	$P_2O_5$	$K_2O$
早造	9.0	3	2.5 (KG)
晚造	6.0	3	2.5

該處土壤所含三要素 N 0.00624%  $P_2O_5$  0.008%  $K_2O$  0.8%  
 施於稻田之肥料。以大豆餅、廐肥、或人糞尿為主，不足之 P、K 二元素以過磷酸石灰、骨粉、草木灰等補充。

表七十三 適於稻作肥料配合之一例

種	類	用量(斤)(市畝計)	所含三要素量(斤)	
			N	$P_2O_5$
綠	酸	110.0	4.00	—
綠	肥	600.0	3.00	1.51
大	豆餅	300.0	1.90	0.45

骨	粉	100	0.50	2.10	—
過	磷	100	—	1.50	—
木	灰	1100	—	—	1100
總	共	—	9.40	5.57	5.30

(乙) 麥類

(1) 麥對於三要素之需要如下列次序：氮素，磷酸，加里。又氮素量裸麥需要最多，小麥次之，大麥又次之。磷酸則小麥需要較多，加里則大麥較多。

(2) 麥與稻同為禾本科作物，有同樣之特性，即吸收加里及磷酸之力頗強，然對於氮素肥料之吸收則與稻異，無論何種氮質肥料皆可施用，以硝酸態氮素為最佳。

(3) 以一般言，大麥根淺多伸張於表土內，小麥較深故肥料之吸收，小麥強於麥。

(4) 氮素之吸收在播後一二個月中微量，異年二月下旬寒氣漸退之時吸收漸強，孕穗期前吸收最盛，此後又漸減少。

(5) 磷酸之吸收於結實期達最高度，加里於孕穗期前吸收最多量，開花後殆全停止。

(6) 施肥量每畝氮氣六斤至十斤，磷酸五斤至七斤，加里四斤至七斤，然依簡偉次 (Simpson) 之試驗成績則三要素均較此為少。(四)

每英畝(磅) 改算每中畝(斤)

氮素(N) 22-38 2.4-3.0

磷酸( $P_2O_5$ ) 50-60 5.8-7.0

加里( $K_2O$ ) 22-28 2.4-3.0

(7) 播種之際施基肥一次，無論人糞尿及人造肥料此時可施一半，堆肥則可全部施下。此後施追肥二次，第一次約在十二月或一月中旬，施用人糞尿及人造肥料之二成五，第二次在二月中旬，施用其餘之二成五，麥類施肥不宜過晚，不然則非所宜，應視地方氣候為轉移。

## 第二節 豆類 (Leguminous Crops)

此類作物含有氮氣遙過於他作物，其氮氣之大部分在種實中，磷比之禾穀類稍多，而鉀及鈣則甚富，此類作物能依根瘤菌之共生作用，固定空氣中之游離氮氣(Free nitrogen)故氮氣肥料不要施用。惟其幼稚之時，施以少量之速效性氮氣肥料，頗為有效，蓋發芽種子所貯藏之氮質殆耗盡，而根瘤尚未生成，欲望其利用游離氮氣以資其榮養，不易得也。豆類雖富於鉀，而吸收土壤之鉀之力甚弱，故鉀肥要多用之。鉀質肥料最有效於豆類，猶之氮質肥料最有效於禾穀類也，又此類作物對於酸性液之抵抗力甚弱，且自分泌酸液頗多，故施於豆類之肥料，以傾於鹽基性者為宜。草木灰特有效於豆類，概因其富於鉀質，且為鹽基性，能中和其酸也。豆類因石灰之施用，能增



其收量者，因由於石灰爲豆類之必要養分，而爲鹽基性亦與有力焉。至豆類所要之磷酸肥料則較禾穀類爲多。然又因土壤而各有不同，大概富於有機質及有充分石灰質之黏土，施用少量加里肥料可也。在砂土宜多給以磷酸及加里肥料。缺少有機質之土壤，於豆料作物之前作每畝施以二千斤至四千斤廐肥最爲有利云。茲示豆類肥料施用法於次：

- (1) 施用量：每中畝氮素二斤至四斤，磷酸四斤至八斤，加里四斤至八斤。
- (2) 施用期：全部用作基肥，如生育不良再依上列磷酸加里之半量爲追肥。

### 第三節 根菜類 (Root Crops)

根菜類含有加里及氮素頗多，而其特性則在吸收土壤中加里之力強，利用磷酸之力弱，故施用廐肥堆肥於根菜類時，不要多施用加里肥料，而磷酸肥料則不可不特用之。磷酸肥料最有效於根菜類，猶之氮肥料之於禾穀類，加里肥料之於豆類也。至富於澱粉之薯類（如馬鈴薯及甘薯）則鉀肥與磷肥相依而益顯其效果。

(甲) 甘薯 (Sweet Potatoes) 宜於氣候較暖輕鬆砂土及壤土，栽培過於肥沃之地反不如較瘠土壤品質之良好。

施用量：氮素，四斤至六斤；磷酸，五斤至七斤；加里，六斤至十斤。

施肥期：基肥，在普通情形插苗之際使用全部。追肥，在砂土時速效性肥料之一半於插苗時使用，其餘一半作

爲追肥。

注意：(1) 氮素肥料多用則蔓莖繁茂，寧利用前作殘留氮素，特別施用少額方可。

(2) 磷酸之大部分施用米糠，得甘味之優良品。一部分施用過磷酸石灰最爲經濟。

(3) 加里爲澱粉生成之要素，其施用之多少，於收量大有關係。

表七十四 適於甘藷肥料配合之一例

代 用 肥 料	堆 肥 菜 種 精 米		糠 過 磷 酸 鈣 硫 酸 鉀 共 計 (斤)				
	每 中 畝 用 量	五 六 〇 斤	三 一 斤	六 一 斤	一 八 斤	六 斤	
大豆餅	二・〇斤	一・五	一・〇				四・五
花生餅	一・〇五	〇・六	一・四	二・六			五・六五
所含三要素	N	二・〇斤	一・五	一・〇			四・五
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	一・〇五	〇・六	一・四	二・六		五・六五
	K <sub>2</sub> O	二・〇	〇・三	〇・三	〇・三	四・二	六・八七

(乙) 馬鈴薯 (Irish potatoes)

施用量：氮素十至十三斤，磷酸八至十斤，加里十二至十四斤。

施用期：基肥，速效性（人糞尿硝酸銨等）肥料施半量，其餘全部施用，其他一半之速效性肥料用作追肥。

注意：氮素肥料關係收穫量，加里左右所收穫量及品質，富於澱粉之作物宜充分施與，磷酸之吸收力較禾穀類

強，比之氮素及加里必要程度少。

#### 第四節 特用作物 (Special Crops)

此類作物種類繁多，栽培之目的各殊，故所用肥料，亦不得不異，例如藍宜多用氮質肥料，煙草宜多用鉀質肥料，麻宜給以多量之氮素與少量之加里，油菜及胡麻用氮質肥料宜較穀類稍多，磷酸及加里肥料宜較穀類稍少。

(1) 棉花 棉花由土壤吸收多量之養分，但僅將棉花纖維售出，而以棉子粕莖葉等返諸土壤，則所需之肥料並不甚多。茲據江生 (W. H. Johnson) 所著之 otton 一書，棉花全株每年每英畝由土中所吸收之三要素量如下：

氮素 (N) .....	134 (磅)
磷酸 ( $P_2O_5$ ) .....	86 (磅)
加里 ( $K_2O$ ) .....	144 (磅)

由此可見棉花全株自土中所吸出之養料不在少數。又據美國各農事試驗場之報告，平均每英畝產棉纖維三百磅，完全售出，其所含三要素不過如次數：

氮素 (N) .....	50-60 (磅)
磷酸 ( $P_2O_5$ ) .....	20-24 (磅)

加里 (K<sub>2</sub>O) ..... 40-40 (磅)

棉作究需若干之養料亦可於美國南密士失必州 (South Mississippi) 農事試驗場之結果而得一參考：

表七十五 三要素與棉花產量之試驗成績

	每英畝施肥磅數	棉花產量 (纖維及種子)
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> N      K <sub>2</sub> O	施用石灰土壤 不施石灰土壤
O	—      —      —	六九一 (磅)      四七一 (磅)
P	三八·四      —      —	七九二 (磅)      七九二 (磅)
PK	三八·四      —      二九·七	一八八 (磅)      七四七 (磅)
N	—      一八·六      —	七七四 (磅)      五五八 (磅)
NPK	三八·四      一八·六      二九·七	一三五一 (磅)      一〇五〇 (磅)

據民國十九年至二十年上海市市立農事試驗場棉作之試驗報告：每公畝用以 535 公斤 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.8 公  
斤；收量最多，而鉀肥對於收量均相類似，可知該地不需如何之鉀肥云。

(2) 煙草 煙草之施肥與其他作物略有不同，不但肥料對於產量有關，品質亦甚重要。氯化鉀不適於煙草  
因其中所含氯氣有損煙草品質，此為一般所公認者。又氮質肥料過多，所生煙葉粗厚而富於膠質物。最適於煙草  
之加里肥料為草木灰，碳酸鉀，硫酸鉀，切忌氯化鉀，氮素肥料則無論何種狀態均可，我國以大豆餅為上選，因其不

但供給氮素，而又增加豐富之有機質也。

煙草之灰分內含有高量之鉀質，足以證明鉀肥為煙草之最要營養物，鉀不但增加煙草之產量，亦改善其品質，經許多之試驗成績，鉀肥增加煙草之燃燒性，磷肥雖不如鉀肥之重要，但不可忽，每中畝所需要素大約如次：  
 $N, 1.6-3.2$  斤， $P_2O_5, 4-6$  斤； $K_2O, 8-12$  斤。

(3) 甘蔗 甘蔗之生產量甚大，故需要肥料量亦多，惟僅以售糖為目的，將蔗渣盡量用作肥料，而還之土壤，則需要之三要素並不多，通常以蔗渣為燃料則氮之損失難於減免。

據多數學者之試驗，皆證明正常 (Normal growth) 之生產，必須具有三要素，普通以有機態及硫酸銨態之氮肥為主。氮可以增加甘蔗之產量，但施用過多，磷鉀過少，使糖之含量減少，然於幼植物之生長欲求其速，故不能不多施以氮肥，三要素之施用量大約為  $N, 10-15$  斤； $P_2O_5, 8-12$  斤； $K_2O, 12-24$  斤。鉀肥對於蔗作亦甚重要可以知之。富於有機質及石灰質之黏重土壤，施以少量之鉀質亦可。通常於蔗之後期施用以助糖之構成。

### 第五節 桑及茶 (Tea and Mulberry)

此等植物最必要者為氮質肥料，鉀質肥料次之，磷酸則需之甚少。以普通肥料供給氮及鉀時，更無特施磷酸之必要。蓋普通肥料所含之磷酸已足應其需要也。此種植物之與普通作物大異者，在其生育期長，根深入地中，攝取養分，經年不息，故對於此等作物之施肥法，亦與普通作物各異，即普通作物因其生長期之短，與根之淺，所施肥

料宜求其效之速，而此類作物所要之肥料以分解徐緩，便於漸次吸收者為貴，惟若以催芽之目的施用肥料，則以速效性為宜。

桑一畝所需三要素施用量大約氮素十六至二十斤，磷酸六斤至十斤，加里十斤至十四斤。

施用期 基肥：三月至四月上旬，耕作時施用。在廣東則宜提前，此由休眠而促其生活機能活動為目的，三要素充分配合。春肥：桑樹刈取後施用，助幼木伸長，以大豆餅混入糞尿或廐肥或其他速效性肥料均可。有機態氮肥最為適宜。

夏肥：秋蠶用摘葉為目的，施以速效性肥料。茶樹之施肥則每採葉一次以後施以相當之追肥，硫酸銨，硝石均可。

無論茶園或桑園，最好栽培豆科作物以為綠肥之用，例如黃豆，豇豆等可於早春播種經六星期即可犁入土中，茶園每四五年用 50-100 斤之 8-8-8 肥料，但其用量因土壤而有多少不同，未可一概而論，此固不僅桑與茶然也。

## 第六節 菓樹類 (Fruit Crops)

菓樹之生長與普通農作物不同，前者經過數年生長，始達結實期，在此期間概以氮及鉀為必要以增大體軀。後者生長期不過數月即結實成熟，所需肥料勢必較用諸於菓樹者效力迅速乃可。分解緩慢之有機質肥料最適

於菓樹。到結實期鉀與磷之比例宜求其多，過量氮素供給，使成熟遲，果皮呈青色，枝莖徒長而脆弱，易罹病害。磷酸關係品質及收量，增加貯藏力及甘味。鉀使菓樹強健減少病害，增加貯藏力及甘味，充實菓肉，助根莖發達。石灰缺乏之土壤至少每二三年宜施一次，石灰之效能與磷酸加里相似，有協同之效能，對於柑橘類之品質上最必要。以肥料種類言，氮素肥料以廐肥為主，磷酸肥料可用骨粉或過磷酸石灰，加里肥料可以硫酸鉀或草木灰供給。茲示各種菓樹三要素之施用量於次：（根據鶴田萬平肥料土壤寶典改算）（六）

表七十六 菓樹作物施用肥料要素標準表（中等土地每畝用量以斤計）

		(一) 桃 (每畝四十五株計)							
		齡(年)	二	三	四	六	八	一〇	一二
樹	氮(N)		一·八	二·四	三·六	五·七	六·二	八	一〇
磷	酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		一·八	二·四	三·六	八·四	一一·〇	一二	一五·〇
加	里(K <sub>2</sub> O)		一·八	二·四	二·六	八·四	一一·〇	一三	一五·〇
		(二) 柑橘類 (以溫州蜜柑爲準)							
樹	齡(年)	六	八	一〇	一二	一四	一六	一八	
氮	氣(N)	三·六	六·〇	八·四	一〇·八	一二	一一	一四·四	
磷	酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	三·六	六·〇	八·四	一一	一三	一五·二	一六·八	
加	里(K <sub>2</sub> O)	三·六	六·〇	八·四	一一	一三	一五·二	一六·八	

(三) 梨 (每畝四五株計)									
樹	齡(年)	二	四	六	八	一〇	一二	一四	
氮	氣(N)	四	八	一三	一六	二四	二六	二八	
磷	酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	四	八	一三	二〇	二八	三二	三四	
加	里(K <sub>2</sub> O)	四	八	一三	二〇	二八	三二	三四	
(四) 葡萄									
樹	齡(年)	二	三	四	五	六	七	八	
氮	氣(N)	三·六	六	一〇	一四	一六	一六	一八	
磷	酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	三·六	六	一〇	一六	二〇	二〇	二二·五	
加	里(K <sub>2</sub> O)	三·六	六	一〇	一六	二〇	二〇	二二·五	

施用期：每年分春秋二回，發芽前施用全量之七成，採果後施用其餘三成。

### 第七節 蔬菜類 (Vegetables)

蔬菜以柔嫩繁茂為必要，而柔嫩與否以生長快慢為準，大凡生長迅速者品質良好，反之則粗老而產量少，蔬菜生長期較短，在此短期間以速效性之硝酸鹽及可溶性之磷酸肥料為必要。磷酸肥料用於蔬菜作物者雖比較氮素及加里為少，但土壤中大部缺乏此養分，故宜予以相當量之供給。蔬菜類需要較多之加里，一經售去，則土壤



損失此種成分亦多，通常砂土及泥炭土需較多之加里肥料，黏土之富於石灰質者施以少量即可。茲舉白菜為例：

施用量 氮素十六斤至二十六斤，磷酸十斤至十二斤，加里十二斤至十六斤。

施用期 基肥：人糞尿或廐肥七百斤，大豆餅五十斤。追肥：人糞尿二百斤於捲心或結球前施用。

#### 第八節 森林植物 (Forest Trees or Nursery)

此類植物與普通農藝作物異，雖絕不施肥料亦能遂其完全之生長，蓋此類植物其體質概自無氮有機物而成，其生長所要之養分，概為水及空氣。且其根極長，吸收土壤中養分之力甚強，故無施肥之必要。惟此類植物在苗牀時，其根甚淺，而欲望其生長之速，則宜多用氮素及加里肥料。然一時多施氮素肥料則枝莖徒長，冬季易受凍害，移植後不易成長，故宜多量而多次用之。

#### 第九節 牧草類 (Hay Crops)

牧草類雖概屬於禾本科及荳科，而其栽培之目的在莖葉，不在子實，開花時宜即收穫；故磷酸肥料不要多施，而加里則宜求其充足。禾本科牧草雖要氮素，而與荳科牧草混播時，不必多施氮素。

#### 第十節 作物需要肥料概略

三要素需要量依作物，土質，氣候，隨處不同，同係一種含有氮，磷，或鉀之肥料，其效力亦互有參差，故於施肥量未可一概而論也。雖然依作物，土質，氣候等亦可作一大概之標準，茲舉美國國家肥料社土壤改良委員會 (National Fertilizer Association Soil Improvement Committee) 所擬定各種高成分肥料方式表如次：

表七十七 肥料方式表 (三要素標準施用量)  
第一組 穀類及牧草類

第十九章 各種作物之施肥法

東 部 用				西 部 用			
砂壤	質土	壤土	黏壤 質土	砂壤	質土	壤土	黏壤 質土
2-10-6	2-10-4	2-12-2 或 2-12-0	冬麥，燕麥，玉 米，牧草，三葉 草，蕎麥	2-10-4	2-12-2	2-12-0	
2-10-6	2-10-4	2-12-2	苜蓿	2-10-2	2-12-2	2-12-0	
7-8-3	7-8-0	7-8-0	冬小麥春季追肥	5-7-2	6-8-0	6-8-0	
0-10-8	0-12-2	0-12-2	三葉草或苜蓿追 肥用	0-12-4	0-12-2	0-16-0	
		0-16-0	草地	0-12-4	0-12-2	0-16-0	

第二組 蔬菜類

4-10-6	4-10-4	4-10-2	椰菜，菜花，甘藍	3-10-4	3-10-2	3-12-0
3-10-6	3-10-4	3-10-2	番茄 (Tomato)	2-10-4	2-10-4	2-10-4
3-10-6	3-10-4	3-10-2	甜玉米	2-10-4	2-10-4	2-10-4
4-10-6	4-10-4	4-10-2	黃瓜，倭瓜等	3-10-4	3-10-2	3-12-0
4-10-6	4-10-4	4-10-2	洋葱	2-8-8	2-8-8	2-8-8
7-8-3	7-8-3	7-8-0	菠菜	5-7-2	5-7-2	5-7-2
7-8-3	7-8-3	7-8-0	生菜	3-10-4	1-10-2	3-10-0
7-8-3	7-8-3	7-8-0	芹菜	3-10-4	1-10-2	3-10-0

第三組 菓樹類

3-10-6	3-10-4	3-10-2	春季栽草葦用	3-10-4	3-10-2	3-12-0
3-8-3	7-8-0	7-8-0	草葦春季追肥用	5-7-2	6-3-0	6-8-0
4-10-6	4-10-4	4-10-2	萍菓 (無草皮之 園)	3-10-4	3-10-2	3-12-0
7-8-6	7-8-3	7-8-0	萍菓 (有草皮之 園)	5-7-2	6-8-0	6-8-0
1-8-6	7-8-3	7-8-0	桃	5-7-2	6-8-0	6-8-0

三五

第四組 特用作物類

部用	作物	砂質壤土		土黏質壤土	
		肥料	肥料	肥料	肥料
東南部用	早收馬鈴薯	7-6-5	5-8-5	4-8-4	
	秋馬鈴薯	2-10-6	2-10-6		
	番薯	2-10-6	2-10-6		
	煙草	3-8-5	3-8-3	3-8-3	
	玉米	3-10-6	3-10-4	3-10-2	
	煙草	5-4-5	5-4-5		
北部用	大蔥或洋蔥	2-8-9	2-8-8	2-8-8	
	煙草	2-0-4或3-10-4	2-12-2或3-10-2	2-12-0或3-12-0	
西部用	煙草				

上表所列各種肥料中磷酸成分特別高，氮素及加里均較低，此因美國土壤含有機質多，畜牧業發達，一般農民又多施用綠肥，土中氮鉀含量豐富，故不必多施，不能用磷肥使其平衡也。美國東部土地農業上之利用較西部為早，且雨量多，故需要較多之氮鉀肥料，東南部更多。我國幅員廣袤，各省區土壤至今需肥情形何如，尙少研究，未便臆斷，惟近年浙江對於此問題已有相當工作，依各種作物及土性所列之肥料成分方式表如次以供參考。

表七十八 應用肥料配合方式表（每畝用量斤數）（七）

作物名稱	土		中		說明
	肥	瘠	等	土	
大 麻	N-P-K 0-2-18 2-3-60 8-6-78	N-P-K 3-1-1 1-3-3 4-4-4	N-P-K 3-1-1 2-3-4 5-4-5		說明一
甘 蔗	3-1-1 1-2-4 4-3-5	0-2-18 1-3-3 7-5-68	3-1-1 2-3-4 5-4-5		說明二
油 菜	3-1-1 0-1-1 3-2-2	3-1-1 2-2-3 5-3-4	3-1-1 1-2-2 4-3-3		說明三
馬 鈴 薯	3-1-1 2-5-7 6-0-8	3-1-1 1-4-6 4-5-7	3-1-1 1-1-2 4-2-3		說明四
玉 蜀 黍	3-1-1 0-1-1 3-2-2	3-1-1 1-2-2 4-3-3	3-1-1 1-1-2 4-2-3		

說明一：大麻吸收土中肥料最強，故應多施有機物，以作調和，而後方可施用化學肥料。

說明二：甘蔗作物應使氮鉀平衡施用，在瘠土中多加鉀肥，以防病症。

說明三：河泥類亦可施用作基肥，每一千斤含半水量，其三要素比率為3-1-1，其他作物亦可採用。

說明四：磷鉀作基肥外，氮肥可多用為基肥，留小部分作追肥，施以五百斤廐肥作基肥，三要素比率為3-1-3，其他作物亦可採用。

說明五：施用五百斤牛糞作基肥，其三要素比率為  $8:1:1$ ，平均人糞尿五百斤，其三要素比率為  $1:1:1$ 。其他作物亦可用。

註一：有機物肥料及燒鉀肥料應作為基肥。表內首行為基肥，次行為追肥，三行為總量。  
 註二：氮質化學肥料分為基肥與追肥，基肥一次施用，追肥二次或三次施用，施基肥時不可單用氮質化學肥料，否則磷鉀定不足，且與配合比例方式不符，故須先用氮燒鉀作基肥後，方可單用氮質肥料作追肥。

表七十九 每畝施用化學肥料用量表 (八) (除施用五十斤豆餅類之肥料以作基肥外)

作物名稱	硫酸銨 (含N20%) (過磷酸石灰 (含P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 18%) (硫酸鉀或氯化鉀 (K <sub>2</sub> O30%))		
	以每斤為單位	以每斤為單位	以每斤為單位
水稻	二四	一六	六六
大麥	一六	八	六六
小麥	一六	八	六六
棉作	一二	八	一〇
煙草	三二	二四	二二
大麻	二四	一六	一〇
甘蔗	二四	一六	一〇
油菜	一六	八	四四

馬鈴薯	一六	八	一〇	八八	二八	一四
玉米	一六	八	四四	二二	一一	八

(1) 爲便利化學肥料施用起見，根據配合方式計算每畝所需三要素之標準數量。  
 (2) 若用他種有機物代替豆餅作基肥時，須算所含肥效是否與豆餅相等。

參考文獻

- I Novelli: Rice Expt. Sta. Vercelli Italy, Ernährung, der Pflanze, 1928, Nr. 17, p. 336
- II Kelley: Hawaii Sta. Bull. 37, p. 52
- III A Jacob and V. Coyle. The Use of Fertilizers in tropical and Sub-tropical Agriculture, p. 63. (1932)
- IV W. Jerwitz and Cilliers: The Wheat Crop, its Manual Treatment, Cape Town (1923)
- V Van Slyke: Fertilizers and Crops pp. 536-595 (1927)
- 六 鶴田萬平: 肥料土壤寶典二五一頁
- 七 八 肥料問題, 浙江建設廳農業改良總場化學肥料管理處出版, 二十二年十一月。

## 第二十章 肥料試驗法 (Methods of Experiment on Manures) (1174-1181)

肥料試驗之目的，概在研究肥料與作物及風土之關係，以期肥料種類之選擇，施肥期，施肥量，及施肥法，對於各種作物及風土悉得其宜，欲達此目的，須實地試驗，而後可得各該地方合乎經濟而有效之施肥法。

### 第一節 肥料之施用量

施於各種作物之三要素，當因作物而異其量，即在同一作物亦視氣候土質及肥料之種類而不同，故欲定施肥之適量，實爲至難。在昔科學未進步之時代，關於肥料施用之理論，亦未得正鵠，如李璧熙之施肥論是也。李璧熙以爲植物自土壤中吸收各種之灰分，故欲望植物之生長完全，宜據作物之分析成績，施用其收穫物中所含有之各種灰分於土壤。此說實非正當，若以此說爲確，則植物之灰成分中有鈉及矽之氧化物，此二成分亦當視爲肥料補給之。然據水耕試驗之成績。此二成分非植物營養上所萬不可缺者，故無補給之必要。即如三要素之施用量亦非必與收穫物中所含有之量相一致。例如大麥小麥之收穫物中，氮氣最多，加里次之，磷酸最少。若從李璧熙 (1885) 之說，則必謂施於大麥及小麥之三要素量，氮氣宜最多，加里次之，磷酸雖少用亦可。然微之數多圃場實驗成績，在普通土地，大小麥之收量，固應氮氣之施用量而增減，而磷酸之用量如何，亦實足以左右之，至加里則其影響

最少。此亦足證 Liebig 之說之非正當也。然則肥料之施用量，果當據何標準以決定之乎？是宜注意下列之要件：

(一) 須檢定土壤所含之有效三要素量

欲決定肥料之施用量，宜先知土壤之肥瘠。然如前所述，普通之土壤分析法，僅示土壤所含養分之全量，而不能知其有效養分之多少，故宜就其土壤行三要素試驗，以檢定該土壤所含之有效三要素量。

(二) 須知作物之收穫量及其含有三要素量。

作物自土壤所奪取之養分量，不能以之決定肥料之用量，前既述之矣，然欲定施肥量，亦宜先檢作物之收穫量，及其收穫物中所含之三要素量，以資參考。今就稻之栽培說明之：假定一畝收穫 a 斤之米，b 斤之禾稈，c 斤之穀，則因稻之栽培，土壤所失之三要素量，得如下計算之。據日本之分析成績彙報，米，禾稈，穀等之所含三要素量如下：(1)

	氮	氣磷	酸加	里
米	一·三五%	〇·四六%	〇·二〇%	
穀	〇·六四	〇·一九	〇·四九	
稈	〇·六三	〇·一一	〇·八五	

故米  $\frac{a}{100}$  斤之三要素量得因次之比例式計算：

$$\text{氮氣} \quad 100:1.35 = a : x \quad x = a \times 1.35 \div 100$$



磷酸  $100:0.48 = a : x \quad x = a \times 0.48 \div 100$

加里  $100:0.20 = a : x \quad x = a \times 0.20 \div 100$

釋及穀中之三要素量，亦得用同一之方法計算之，如是則稻因土壤所奪取之三要素量得算出之。

(三) 須知肥料之成分及其被吸收率 (利用率)

檢定土壤所含有效三要素量，作物之收穫量，及其含有三要素量，尙未足以決定肥料之施用量也。此等之外，肥料所含之三要素量，及其被吸收率，亦不可不查定之，以爲決定用量之資，須知其被吸收者何以故？作物雖有吸收養分之性能，而其性能是有一定之限度，非因肥料之施用加多，吸收利用至於無窮也。即吸收作用未達某程度以前，比例養分之量而增，其收穫亦因而愈大。達於某程度增收之百分率漸次減少，達於極度則反害植物之生育，減其收量矣。此關係因各地風土而殊，無論已，即在同一風土，亦因作物之種類而異。故從事農業者，欲舉少費多獲之實，不可不就各地及各種作物，加以精密之調查與實驗，以檢定各種肥料之被吸收率 (關於諸種肥料之被吸收率，參看第十六章第一節)。

肥料中之養分吸收於作物之量，因其種類而不同。故肥料之用量亦不能不因其種類而加減之，即被吸收率之大者，用量宜較少，被吸收率之小者，用量宜較多也。

今示施肥量之計算法之一例於下以資應用：

今設有某一定面積，土壤中之有效三要素量氮素 0.8 斤，磷酸 0.5 斤，加里 1.5 斤。同面積之全收穫物之三

要素量，氮素 2.895 斤，磷酸 0.783 斤，加里 1.947 斤。則所當供給肥料三要素量氮氣 2.095 斤，磷酸 0.283 斤，加里 0.447 斤。今設以硫酸銍供給氮氣，以過磷酸石灰供給磷酸，以碳酸鉀供給加里。若硫酸銍氮氣含量為 20%，其吸收率為 60%，過磷酸石灰之磷酸含量為 15%，其吸收率為 25%，碳酸鉀之加里含量為 54%，其吸收率為 50%，則其施肥量得如次算出之：

今以所當施用之硫酸銍中之氮氣量為  $x$

$$60:100 = 2.095:x \quad x = 3.492$$

即所當施用之硫酸銍中須含有氮素量 3.492 斤。硫酸銍之氮素含量為 20%，故硫酸銍之施用量，得由此推算之。即：

$$100:20 = x:3.492 \quad x = 17.46 \text{ 斤}$$

以所當施用之過磷酸石灰中之磷酸量為  $x$

$$25:100 = 0.283:x \quad x = 1.132$$

即所當施用之過磷酸石灰中須含有磷酸量 1.132 斤也。

$$100:15 = x:1.132 \quad x = 7.546$$

故過磷酸石灰之施用量當為 7.546 斤

以所當施用之碳酸鉀之加里量為  $x$

$$50:100 = 0.447: x \quad x = 0.894$$

即所當施用之碳酸鉀中須含有加里量 0.894 斤也。故碳酸鉀之施用量當爲 1.656 斤。由上法計算，此時各肥料之用量當如下：

硫酸鉀 17.460 斤

過磷酸石灰 7.546 斤

碳酸鉀 1.656 斤

又假定盆鉢試驗時，所用之盆面積爲每畝二千分之一，每畝施用氮氣四公斤之硫酸銨（即二十公斤），問每盆該用硫酸銨幾何？

$$N_2:(NH_4)_2SO_4 = 4000g: X$$

$$28:132 = 4000g: X$$

$$X = \frac{132 \times 4000}{28} = 1885.7g$$

$$1885.7 \times \frac{1}{2000} = 9.4285g \text{ (每盆用量)}$$

## 第二節 肥料試驗之注意

當施行肥料試驗，要先熟知試驗之性質，以無誤其計劃及方法，不然所得之成績不足憑信矣。因列舉試驗上當注意之事項於下：

(一) 所欲試驗之事項必限於一；例如肥料用量試驗，與施肥期試驗，不可同時行之，否則其成績相錯雜，不得精確。

(二) 所欲試驗之事項以外，凡關於植物生育之自然狀態，及其他一切事情，要求其同一。如土壤之位置，肥瘠乾溼，光熱空氣之流通等，及種子之品質數量，及播種除草收穫之方法等，皆宜望其一致者是也。

(三) 試驗上之誤差當力求其小；肥料試驗之結果，欲求其絕無誤差，固屬甚難，然苟能數次行之，或多設同一之試驗區，求其平均數所得成績，庶乎無誤矣。

(四) 試驗區之收穫量常務求其大，欲減小試驗上之誤謬，施用肥料區之收穫量，當使之遠超於無肥料區之收穫量，例如某種肥料區比之無肥料區增收  $50\%$ ，設試驗上之誤差為  $2\%$ ，則自五減二得三，所差無幾，不能決定該肥料之效能如何也。若該肥料區之增收量為  $30\%$ ，則  $2\%$  之誤差殆無影響矣。

(五) 行效力比較試驗時，所欲比較之成分外，他之二成分當充分施之。例如行磷酸肥料之比較試驗，氮氣肥料及加里肥料，宜較普通用量多施之。使各種肥料之效用得以充分發揮，若氮氣及加里二者中有一不足，則各種磷肥不能逞其作用，無從確定其優劣矣。

(六) 欲知某種成分對於植物營養上之價值，須擇需用該成分最切之作物而栽培之。作物皆待氮氣磷酸

及加里之供給，以遂其生育，固不俟言，至其必要之程度不能無異。例如作物中用氮氣肥料其效最易顯著者爲禾穀類，需根作物次之，豆科植物最下。苟不擇相當之作物以行試驗，而欲確定肥料成分與植物營養之關係，蓋已難矣。

(七) 用於試驗之土壤須擇其對於所欲研究之成分者；例如行磷酸肥料試驗時，所用土壤須求其乏於磷酸者是也。

(八) 施加肥料中不宜含有所欲試驗之成分；行氮氣肥料之比較試驗時，各試驗區於過磷酸石灰、蘆灰之共通肥料外，復用廢肥爲共通肥料者有之。例如圃場試驗比較各氮氣肥料之效力，每一畝計氮氣一斤，若再用廢肥三百斤爲共通肥料，假定此廢肥中含有一·五斤，則合計二種之氮氣當爲二·五斤，其所得成績亦不得不認爲二種之氮素肥料之合的肥效。如是則試驗之結果不明矣。故欲確知各比較氮氣肥料之效能，每區只可施所欲試驗之氮氣肥料；他之氮氣肥料，不可再施之，以致成績之混淆。

(九) 試驗上之管理法宜力求其周密；試驗之設計及方法即極得其宜，而管理上稍一不慎，其結果必大生差異。例如病蟲害及其他不虞之災，宜加意預防之，免致成績之誤謬。他如試驗設計簿、試驗日誌、生育調查簿，及收穫調查簿，宜各備一冊。凡關於試驗之事項，不論鉅細皆記載之，以爲他日之考證。誠以農業試驗非一次或數次即可奏效，須同時作多種試驗，年年繼續行之，經驗既富，收效自宏。

(十) 前此所生之作物各區務須一樣，肥料之施用亦如之。然此情形頗難辦到，在正式試驗之前宜栽培作

物兩年，不施予肥料，亦求地方之均一，並求各區相互間地方之差誤何如，以爲將來之南針。

肥料試驗上當注意之事項，大抵如上所述。惟試驗上障害頗多，有非人力所易防者，例如氣候是也。土質及其他要素各試驗區雖皆同一，而某種肥料受氣候之影響較大於他之肥料者有之。例如多數之人造肥料，自乾燥氣候所受之害較廢肥爲大。智利硝之肥效大於少雨之年，小於多雨之年。如此氣候與肥料之性質有直接關係，故施行肥料試驗時，於氣候上特加注意。倘試驗中遭遇特別之氣候，此特別之氣候果及如何之影響於成績，不可不推定之。如此之時，若以所得之成績，即認爲肥料之價值，固爲大誤，然竟以爲不足用而放棄之，亦不可。何則？在異常狀態所得之成績，雖非精確，而綜合之作一統計表，算出其平均之結果，亦可供次之試驗之參考也。

又如行肥料比較試驗時，所用土壤種類宜爲二種以上。何則？某種肥料用之富於有機物之土壤則優，用之貧於有機質之土壤則劣，而與此相反者有之，故欲判定肥料之普通價值，所用土壤其種類至少當此二種以上。

### 第三節 肥料試驗之方法

肥料試驗之方法：有水耕 (Water culture)、砂耕 (Sand culture)、鉢盆 (Pot experiment)、圖場 (Field experiment) 等試驗之別。水耕砂耕之試驗法，雖亦有用之者，但其應用之範圍頗狹，茲略述之：

#### (甲) 水耕試驗法

如試驗植物必要之養分，溶解數種之藥品於液中（培養液）以爲培養植物之用，稱爲水耕法，或溶液培養，

培養液有種種，而通用者爲克落浦 (Knap) 胡虎 (Pfeffer) 達摩 (Detmer) 諸氏之培養液。

(1) 克落浦氏培養液之組成

硝酸鉀	$KNO_3$	0.5g
硝酸鈣	$Ca(NO_3)_2$	2.0g
硫酸鎂	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5g
酸性磷酸鉀	$KH_2PO_4$	0.5g
氯化鐵液5%	$Fe_2Cl_6$	2-3 滴
蒸溜水		1000-3000c.c.

(2) 胡虎氏培養液

硝酸鉀	$KNO_3$	1.0g
硝酸鈣	$Ca(NO_3)_2$	4.0g
硫酸鎂	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1.0g
氯化鉀	(KCl)	0.5g
氯化第二鐵5%液	$(Fe_2Cl_6)$	2-3 滴
蒸溜水		1000c.c.

(3) 達摩氏培養液

硝酸鈣	(Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	1.0g
氯化鉀	(KCl)	0.25g
硫酸鎂	(MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	0.25g
酸性磷酸鉀	(KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	0.25g
氯化鐵5%液	(Fe <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> )	2-3 滴
蒸溜水		1000c.c.

調治法：一器盛蒸溜水 400c.c. 加入硝酸鈣，硝酸鉀，酸性磷酸鈣，而使之溶解。另一器溶硫酸鎂於 400c.c. 後，同量混合，更加蒸溜水以達所要之濃度，然後加入氯化鐵液一二滴。

培養法：(1) 容培養液之器物，依植物之大小而選擇適當之圓筒，其周圍用黑色厚紙包之，以防日光之透入。

(2) 器之口塞以木栓，穿三個之孔，其一插入植物，他之二孔為空氣及更換培養液之入口。

(3) 植物生長二三寸長時，插入木栓之中央，孔之四周以棉花塞之，如此裝置妥當後，時時更換空氣及培養液，常置日光直接之場所是為必要。

(4) 培養液之濃度以 0.1% (幼植物) 至 0.4% (生長中) 為適當，不可超過 0.5%。



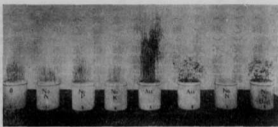
## (乙) 砂耕試驗法

砂耕法即砂中培養，其目的與水耕同，以細砂代水，而所用培養液亦與水耕法同，試驗用之細砂選擇無養分之砂，鹽酸煮沸後，充分洗滌，乾燥，盛入陶製盆，播種，加入培養液。管理及其他事項與水耕法同。未加入培養液之前，先以蒸溜水潤溼之，過剩之水可由盆底排去以達於適當之水分量為度，然後加入培養液。每三日由盆排去一次，加入同量之新鮮培養液，以保持原來之重量，大約每盆用淨砂 1200 克者需培養液 250c.c. 云。

## (丙) 盆鉢肥料試驗法

試驗所用之盆有種種，或為木製，或為鋅製，或為陶土製，或為玻璃製者。此數種之大小形狀皆不同，惟依試驗者之意志製之以為常。然鋅製者往往因人造肥料及土壤反應，足以損傷之，所得成績亦大受影響。玻璃者過昂。陶土盆雖亦不廉，並且笨重。木製者易腐。權其利弊仍似陶土盆為優。盆之形狀大小互異，不能一概而論，又有無底及有底之別；有底者普通置之適當之處或地上，無底者概埋之圃場。二者各有得失，視試驗目的而定。

盆內土壤填充法，視有底與無底而異。然至其所填充之土壤之處置則一。即當入於盆中之土壤，先採集堆於一處攪拌之，使其均一，再以一定口徑之篩篩過，以整齊其土粒乃秤定所需土壤，而填各盆。有底盆之填土法，先以砂礫覆盆底一層，然後以供試土覆之。填充之時宜先加入全部三分之一，以手搔平，稍加鎮壓，再入三分之一如前法行之，最後乃將其餘之土填充之。如此之填充法，模擬旱田狀態。如模擬水田狀態則宜先加少量土壤，即注以水，如此陸續行之，而事以畢。若先模擬旱田狀態，而後注以水，使為水田狀態，作業上之窒礙多矣。



1, 2, 3, 4, 5, 等盆係三要素對於燕麥生長情形，三要素完全者，生長健旺，缺任何要素者，皆顯得正常之生長。

6, 7, 8, 係三葉草 (clover)，無氮者，顯不見葉叢，8 雖無氮肥之給予，但有根瘤菌之介紹，其生長與完全肥料者相似。

(丁) 園場肥料試驗法

園場試驗頗簡易，然精而察之，甚覺其難。即(1)地力均一之土地不易得；(2)土地之區劃，施肥，播種，耕耘，收穫等不易歸於一律；(3)差誤之由於病蟲害及氣候關係而生者避之頗難；(4)欲於瘠薄之土地，供給充分之養分，光線水分，以豐其收穫，實非易事。(5)如上所述事情複雜若是，而欲使肥料效力之差異，自單純之狀態而生，尤覺其困難。園場試驗有此五難，此所以 W. A. Broun 創造盆鉢試驗法也。然園場試驗雖非完全無缺之方法，而設備較盆鉢試驗為簡便。試驗者苟能於一切狀態詳為觀察而善管理之，則亦可得相當之成績，必謂園場試驗不可行，特一偏之見耳。W. A. Broun 謂試驗所用之土地，宜於二三年前，專用石灰以栽培作物，使地力趨於瘠薄，以闢地力之均一云。

第四節 肥料試驗之種類(一)

欲達試驗之目的，試驗者得任意設計，其種類甚多，茲舉數例說明之。

(一) 觀察試驗法 此種試驗適用於人造肥料應用尙少之地。其設計如下：

(1) 施用完全肥料，與不施肥之比較如何？

(甲) 不施肥料

(乙) 完全肥料

此試驗需田兩區每區面積約半畝至一畝，一區施肥，一區不施肥。

(2) 天然肥料與人造肥料之比較。

(甲) 不施肥料

(乙) 人造肥料(無機態三要素)

(丙) 天然肥料(有機態三要素，如豆餅等)

(3) 土壤中是否缺少氮氣。

(甲) 不施肥料

(乙) 完全肥料

(丙) 缺氮

如丙區作物生產不如乙區即缺乏氮氣之證，如與乙區無大差異，必有效氮氣含量甚豐。

## (二) 精確試驗法

精確試驗，與觀察試驗不同之點，即精確試驗，每一試驗，多區試驗之，每區分若干號，同時同法試驗之，而觀其平均結果。若各號區結果相差不遠，則試驗精確，算為成功；若各號區結果相差太甚，則手續上或他種關係，必有錯誤，試驗算為失敗。故作精確試驗，凡病害蟲害，以及意外等事，可以知其所在，此種試驗精確可信，可以作為實事改良之標準，農人萬不可輕忽視之。

精確試驗可以解決下列諸問題：

(A) 氮氣肥料應用若干(施用量試驗)

此問題頗難答覆，只可作實地試驗，觀察其結果，以施用幾何分量者為佳。試法如次：即固定各區磷酸及加里之用量，而增減氮之用量。

甲區 施用磷酸加里；

乙區 施用磷酸加里及氮氣少量；

丙區 施用磷酸加里及氮氣中量；

丁區 施用磷酸加里及氮氣多量。

(B) 氮氣肥料以何時施用最為適當(施肥期之試驗)？

氮氣肥料施用時期，視土壤之性質與栽培之方法而不同。此問題僅可根據經驗與實地試驗，可以解決。茲舉

一 試驗法如次：

甲區 施用磷酸加里不用氮氣肥料；

乙區 施用磷酸加里如甲區，氮氣肥料用作追肥於新春加入；

丙區 施用磷酸加里如甲區，應施之氮氣肥料於秋季加入三分之一，其餘三分之二於新春加入。試用於夏季作物者，應施之氮氣一區於下種前加入，一區於下種前加入二分之一，其餘二分一用作追肥。視所得結果如何，即可於施肥期得相當了解。

(C) 土壤中究竟需要或缺少何種肥料？(三要素試驗)

如土壤中富有加里肥料，則吾人無須加入加里肥料，其他肥料亦然。因加入此不需要之肥料，對於植物，毫無利益，反而有害，不僅徒耗金錢而已也。欲免此弊，非實地試驗不可。茲舉其試法如下：

甲區 不施肥；

乙區 施用氮氣磷酸加里(三要素區)；

丙區 施用充分的氮氣加里，不用磷酸(無磷區)；

丁區 施用充分的磷酸加里，不用氮氣(無氮區)；

戊區 施用充分的氮氣磷酸不用加里(無鉀區)。

將各區收穫物互相比較，可知供試土壤中何種成分最多，何種成分最少，如無氮區收穫量最少，與無肥料區

無大差異，可知該種土壤氮氣缺乏，如無磷酸區之收穫量與完全區無相上下，可知土中有效磷酸含量甚豐。

(D) 土壤中是否缺少或需要石灰質？

土壤中所含之石灰質，是否充足？昔日農人，多不注意此事，近來漸知注意，如果土中所含之石灰質不足時，所施用之他種肥料，亦不能起充分之作用，則植物難得豐收。

今於此試驗假定施用石灰之地比之用同一之肥料無石灰而植物生良好，出產豐富者，則土壤需用石灰之證。

當施用某種肥料欲知其用量幾何最為適當，宜將所欲試驗之肥料分為數種分量而試驗之。例如欲知過磷酸石灰之適量，與過磷酸石灰之用量，而氮氣加里每區皆同，且充分施之，以使磷酸之作用得以充分發揮。欲知氮氣及加里肥料適量，亦可準此行之。

作肥料試驗時，基肥照常法各區預先同樣施下，以後肥料須各區分別施播。譬如作氮氣肥料之用量試驗時，即用磷酸加里作基肥。

(E) 肥料同價之試驗。

此種試驗之目的，用同一價格之各種肥料以為試驗，例如氮氣肥料同價試驗，磷酸肥料同價試驗，及加里肥料同價試驗等是也。此外試驗之種類尚多，未能列舉。

第五節 試驗區之處理(一)

(1) 形狀 長方形之試驗區，兼跨不同之土質較正方形者受土壤差異之影響較少，且便於耕作。  
 (2) 大小 地方選擇既定，乃着手整地，每區面積依作物種類，及地方情形而定。

$$\frac{1}{25} \text{ 畝} = \frac{1}{4} \text{ 公畝，即 } 20 \times 12 \text{ 尺} = 240 \text{ 平方尺}$$

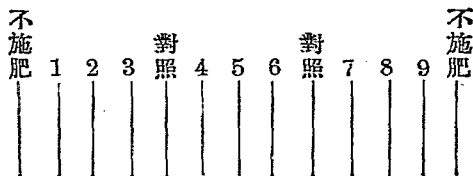
$$\text{或 } 4 \times 6.25 \text{ 公尺} = 25 \text{ 平方公尺}$$

$$\frac{1}{50} \text{ 畝} = 20 \times 6 \text{ 尺} = 120 \text{ 平方尺}$$

$$\frac{1}{100} \text{ 畝} = 10 \times 6 \text{ 尺} = 60 \text{ 平方尺}$$

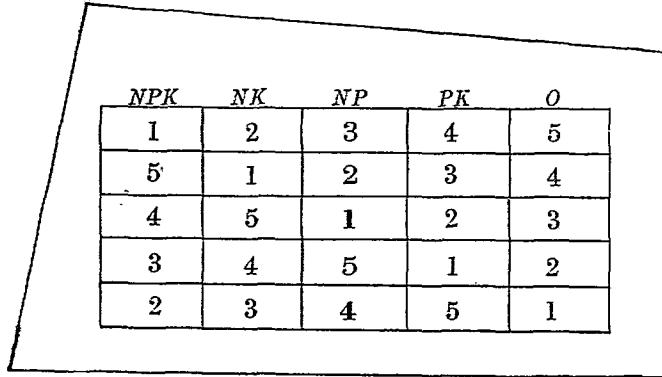
(3) 區劃 水田須用兩重之田基，以免鄰近肥料之互相滲混。旱田每區相隔一公尺，區之四角預埋木樁，與地面齊，以不妨礙農具之使用為宜。如此每年犁動，免有界限移動之弊。整地時宜分別翻土，不可一犁十數區，然後再分割成區；如此每年有使彼此土壤攪混之虞，失肥料試驗之宗旨矣。

(4) 對照 每四區至少有一對照區為原則，每一試驗之兩端為不施肥區，其佈置如下圖：



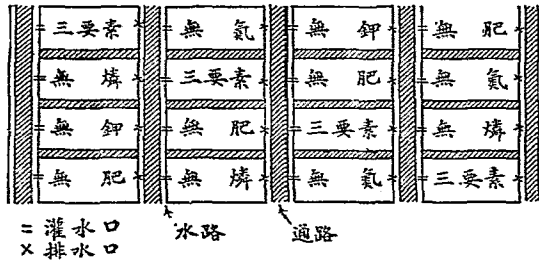
(圖解三十) 試驗區佈置圖

A. 陸田試驗



試驗區至少須距岸邊三尺至六尺區與區之間宜距三尺

B. 水田試驗



C. 應照此圖

肥施 少用 量氮	肥施 多用 量氮	不施 肥	肥施 中用 量氮
----------------	----------------	---------	----------------

D. 不應照此圖

不施 肥	肥施 少用 量氮	肥施 中用 量氮	肥施 多用 量氮
---------	----------------	----------------	----------------



對照區用天然肥料，其所用之肥料量仍與人造肥料各區相等，以資比較。不施肥區之目的在測知該地本來之肥沃度。

(5) 耕種 所有犁耙等工作，務分別爲之，以彼此之土壤混入，在傾斜地面不可順坡勢上下犁之，宜橫犁以阻雨水直瀉而下，減少地面之侵蝕或沖刷。

(6) 品種及播種 一切品種須用優良可靠者，並須與欲所試驗之肥料成分，有密切之影響者。播種宜較平常爲密，日後再行間拔使疏，免有生長不齊難於補救之弊。水稻或須移植者在此例外。

### 第五節 收穫與計算

收穫時每區邊際之作物不要，而將中間者分別割下，每區每號分別稱其重量或推算其重量。最好隨時再分別稱其草稈與籽實之重量。如一時不及做時，可於割下後，每區每號分別稱其重量。取出十斤，放入麻袋中，標明區號，記載明白，將麻袋置於透風處，待暇時取出，將草稈與籽實分開，分別稱其重量，再計算每區每號之收穫量。須注意者，凡物放置多日，水分發散，常減少重量。假定甲區小麥之總收穫量爲三百斤，取出十斤，隨時將草稈與麥子分開，秤其重量爲

草稈 666 斤 麥粒 334 斤 共計十斤

總重量爲三百斤則

6.66 斤  $\times 30 = 199.80$  斤 草稈

3.34 斤  $\times 30 = 100.20$  斤 麥子

總計 = 300 斤

若取出之十斤，放置多日，然後將草稈與麥子分開稱之，假定減少一斤，則稱得之重量為九斤。其計算如下：

(a) 草稈連麥子九斤，分開稱得草稈 6.66 斤，麥粒 3.34 斤，共計九斤。

(b) 甲區之總收量為三百斤，則放置後之總量減至二百七十斤，其計算如下：但試驗各區務於同日割下，同日稱其收穫，否則不準。

5.8 斤  $\times 30 = 174.0$  斤 草稈

3.2 斤  $\times 30 = 96.0$  斤 麥粒

總共 270.0 斤

肥料試驗之後，在實際情形時，應照統計方法，將各重複區之平均產量，用學生法 (Students' method) 互相比對，求其偶差 (O.D.) 是否顯著。今設試驗重複四次，若比較其中甲乙二種肥料，孰為優劣，在試驗前，假定土壤差異，甲肥試驗區之產量，平均 5%，其計算方法如下：(五)

表八十 用學生法計算偶差之一例

乙肥各區之產量	甲肥各區之產量	乙肥比甲肥相差之量	相差量之% (註一)	各區土壤差異% (註二)	D <sub>B</sub>	(D <sub>B</sub> ) <sup>2</sup>
二二〇	二〇〇	二〇	一〇	一五	減九	八一
二四〇	二〇〇	四〇	二〇	二五	一	一
二三〇	二〇〇	三〇	一五	二〇	減四	一六
一九五	一五〇	四五	三〇	三五	一一	一一一
二〇〇	二五〇	五〇	二〇	二五	一	一
總計及平均		51125	115	115		51220
				m = 24%		44

$$S.D. = \sqrt{44} = 6.63 \text{ (註1)}$$

$$Z = \frac{m}{S.D.} = \frac{24}{6.63} = 3.6+$$

Odds = 908:1 (註三) 甚顯著

意謂乙肥比甲肥效力為優，且甚顯著，至於施用肥料之價值，並未計及，如求試驗結果之純利，應將施肥所增之產量，抵減肥料價值後，再求其偶差，方可知純利是否顯著。上項計算肥料所增加之平均產量為 24%，若肥料價值抵計產量為 4%，應將此數減去 (24 - 4 = 20%)，得 20%，此乃施肥所得之純利，求其偶差，亦甚顯著。計算如下：

$$N = \frac{m}{S.D.} = \frac{20}{6.63} = 3+ \quad \text{Odds} = 525:1$$

參考文獻

一 肥料試驗指南，中華農學會農學改良叢書。

二 吉村清尙，實用肥料學便覽九七頁。

三 The Use of Fertilizers in Tropical and Subtropical Agriculture, By Jacobard Coyle pp. 45-58 (1931)。

四 小野寺伊勢之助著：肥料學汎論第十六章一九三四。

五 肥料試驗應注意之幾點，洛夫博士演講，鄭體乾筆記，中華農學會報第 96-7 期 (1932)。

註一 相差量百分數之計算法例如  $\frac{220-200}{20} \times 100 = 10\%$  餘類推。

註二 S. D. 即 Standard division，求法將 D 項相加，而以試驗區數除之得 24，是為平均產量 (m)，再由各國所得之數，減此 24 即 (D-m)，又平均數相加  $\frac{220}{20}$ ，又以五除之得 44，開平方得 6.63。

註三 求得  $z = 3.62$  區數為 5。依 Love's students' method 檢其特異 N 對數表便得 Odds = 908，普通 Odds 須超過 30:1 方合，見 Jour. Amer. Soc. Agronomy, Vol. 16, pp. 68-71。

關於誤差之計算可參考 (1) 孫達吉「解釋田間試驗結果之貝氏新修改法」，中華農學會報第一〇九期 (2) 汪厥明「圃場試驗差誤及其估計理論」，北平大學農學專刊，二十三年四月。

## 第二十一章 我國肥料問題及地方之維持 (The Fertilizer Problem and

Maintenance of Soil Fertility) (111)

讀者於此當知肥料與氣候土壤作物等關係之複雜，若不明肥培之道，而盲然施肥，不但耗可貴之肥料，而作物往往反受其害，尤其是化學肥料。

我國天然肥料如牛馬糞等，在西北地方，因燃料缺乏，以糞代薪已成普遍之事；在南方牧畜業不發達，除有限之人糞尿外，幾到處感覺肥料之缺乏，許多農地無肥料之可施，而任其荒蕪者，不論東西南北，屢見不鮮也。近年農村經濟破產，即都市附近之農田亦有施肥不足之事，其影響於農業前途，國計民生爲何如耶？

施用化學肥料以補救天然肥料之不足，已成爲必然之勢，今後肥料之施用遂成爲嚴重之問題。

### 第一節 天然肥料與化學肥料比較 (三)

(一) 人造肥料之利益 (1) 功用最速：人造肥料多係速效性，施用後往往數日即可見苗之黃瘦者即欣欣向榮，迅速繁茂，此爲天然肥料之所不及。

(2) 使用簡便：在水田施用時，以手向田之四處撒佈，使禾秧得同樣之養分即可，在旱地時，可以數倍之細

砂或細土混合均勻撒入，或以一擔之水溶肥田粉一斤，作糞液用均可。不如人糞尿廢肥等之須地方貯藏，或到各處收集。且糞料稀薄，容積巨大，搬運困難。

(3) 容積小：每畝田不過施二十斤至四十斤視土質作物等而異，人糞尿則每畝需十擔或數十擔。

(4) 便於搬運：容積既小，可隨時得便從村鎮中購來，較之人糞尿等省人工省時間。

(5) 無臭味：天然肥料除豆餅油餅等外，如牛馬糞等皆有惡臭為人厭棄，人造肥料為無臭之粉末。

(6) 可隨意增減：天然肥料中之氮磷鉀三要素之含量以氮氣較豐，磷酸加里較畜。對於肥料施用上或試驗上，有所增減不易配合適當。人造肥料三要素可以單獨供給，可以任意增減，或配合適於某種目的之標準。

(二) 人造肥料之弊端 (1) 摻假冒充：人造肥料大都係粉狀或細小結晶，不加化學分析除少數人能辨別真偽外，一般農民頗易受欺，例如食鹽，明礬，土朴硝（硫酸鈉）等混合硫酸銍內甚為普通，農民購入此等偽品不但虛耗金錢，且使土地瘠薄。或以為食鹽等少量施用確有增進出產之益，不能不認為一種間接肥料，然不過一種學說，並非普遍之肥料，亦不能隨便施用，凡名不符實者應皆在禁賣之例。

(2) 使土壤板滯：偽品固足以損害土地減少出產，即良好之肥料，如智利硝連年施用，絕少有機質之加入，則土壤變鹼性，土質板滯硬結，溼潤時異常黏重，使植物根部不易發展，生長不良。天然肥料絕無此弊。

(3) 使土壤成酸性：廣東土壤十分之八九係酸性土，再連年施用硫酸銍或其他種生理的酸性肥料，則土壤酸性更增，往往最初三年尚得良好收成，三四年後即見作物生長不良，反不如未用人造肥料以前之狀態。

(4) 使農產物品質不良：單獨肥料如硫酸銨，只供植物三要素之一，同時，如無相當量之磷鉀二要素之供給，則枝葉徒茂，過分生長，成熟期晚，結實少，易罹病害，蔬菜果品含水量過多，品質不良，易於腐敗，氣味不正。

(5) 損耗地方：廣東地方施用人造肥料既大半係硫酸銨，而共同施用很少，甚至完全不用天然有機質肥料，雖土壤得多量氮氣之供給，而磷鉀二元素缺乏，使植物不能從土壤中吸收多量磷與鉀，最初一二年施用硫酸銨，見其生產驟增，其後土壤中磷鉀二元素損失過多不能與氮氣同等供給，雖多施硫酸銨亦不見如最初一二年之成績，恢復原狀頗難。天然肥料能維持土地生產力至於永久。

(6) 損失有機質：人造肥料概係無機質，而摻入有機質配合者，不見於市場，若連年施用不用人糞尿廐肥綠肥等天然肥料，則不但使土壤成酸性，且有機質消失過甚，土壤變硬，不適用於植物生長，此亦出產少之又一因。天然肥料則富於有機質，有改良土性之效能。

(7) 偏於一二成分：人造肥料大都僅含一二成分，又因濃厚如施壅不得當，反有危險，天然肥料則三要素具備，效能緩和，用量稍多亦無害。

(8) 缺乏經驗：我國人數千年來施用天然肥料，對人糞尿，牛馬糞，綠肥，豆餅，油餅，骨粉等物。知其性質及其施用處理法，熟習各處土質之性狀肥瘠，何種作物應施何種肥料，施用若干方可得良好效果，耳聞目見，到處皆經驗之談；至於人造肥料，素乏相當知識，從來未曾用過，既不識貨色之真偽，土地及作物之需要，肥料性質，配合宜否，皆不明瞭，盲然從事，往往不獲其益，反受其害，正如吾人之服西藥，不知西藥之性質用量及病人體格年齡之關係；

而仍如舊式處方，某味幾錢幾分，未有不致人命於死亡者。亦大有「盲人騎瞎馬，半夜臨深池」之慨。

茲摘錄民國十九年七月汕頭中華國維特會呈請政府嚴禁肥田粉輸入中國，以免遺害農田電文於下以見一般：

「潮梅農民因誤信外國肥田粉的省工省費收穫倍豐遂多買用肥田粉壅田，民國十八年汕頭進口已達六百萬，……用之農田，稻草雖榮，結實不堅，用諸田圃，而所出蔬菜果品等味色俱劣，又不能久藏……初用因其性烈，拔盡地土精華，一時以為有力，乃不旋踵，沃土變成石田，……致有農人向所耕之地而哭泣者，蔓延日廣，田園荒蕪，不止一鄉一區……」

(三)人造肥料是否可用 (1)有知識纔可用：在科學的立場，吾人不能答人造肥料不能用。只答用之不得當，及取締限制之不嚴。人造肥料本身缺點固不少，明瞭其性質及用法，確實可以增加出產，免土地變壞；但欲達到此目的，必先了解各地土壤情況，研究各種肥料對不同之土壤何者為宜，何者宜避，對於何種作物之栽培應施何種肥料，施多少，如何施法，均須確實研究而後可以告農民。同時農民又須長期間之經驗，細心觀察，然後可以得相當效果。

(2)此種知識非短時期可以得來：欲達此種境地，非短時間可以辦到。因一省之土質氣候作物各處不同，即以土壤而論。譬如某縣某地來函詢問農事試驗場，應栽何種作物，施用何種肥料，在農事試驗場方面，實無從答覆，只好大概就普通學理答之，因各處土壤未經調查，從未分析，不知從土壤中缺乏何種肥料成分，理化學性質如



何。亦未經試驗該種土壤需要何種肥料，應栽培何種作物。

(3) 抵制之一法：現在各處人民不但有謂肥田粉危害土地，且有謂用肥田粉培養而出之蘿蔔白菜等，一經購食，令人肚痛致死，相率不買由肥田粉培出之農產物；農民亦有相率抵制者，謂其有毒質。姑不論其有無，此種宣傳確可無形抵制一部分人造肥料之銷售，即為國人省一筆漏卮。此與國民經濟有莫大利益，同時對本國肥料如大豆餅人糞尿等不致貪圖簡便而置之不顧。

(4) 可以作補助用：天然肥料多偏於氮氣而缺少磷酸及加里，若欲得較多出產，當使三要素均得充分供給。我國人糞尿、廐肥、大豆餅等均係氮氣肥料，如能廣植豆科作物，不應輸入如許巨量硫酸銨或再增加磷酸肥料。除用骨粉、米糠外，中國甚感原料之缺乏，而稻、麥、果品等皆需多量磷酸肥料，西沙羣島之海鳥糞，應設法使其利用於中國土，壤亦可酌量採購過磷酸石灰。但此物施於土壤不如硫酸銨之易於表現其功，用故購者寥寥，市上絕少出售。中國所用之加里肥料（鉀肥），多為草木灰，及植物之殘屑、落葉、稻草、麥稈，多供燃燒用，如灰燼不復返諸土壤，則甚感鉀肥之缺乏，是可酌量採購硫酸鉀、氯化鉀等以補不足。廣東地方加里肥料因土質關係似不甚多量需要。沖積土壤含有較豐富之有效磷。

(5) 仍以天然有機肥料為主：我國數千年來農業維持至今，在無人造肥料輸入以前，每畝出產量與東西各國比較，雖不甚多，除特別例外，並未聞某處土壤變壞，某地出產日減，只有愈耕而愈肥沃。良以天然肥料均含有氮磷鉀三要素，隨收穫作物從土壤中移去之肥料成分皆得相當補充，不致有偏多偏少之弊。同時又供給豐富之

有機質，使土壤鬆軟，有良好之理學性質，此爲天然肥料之特長。

(6) 經濟問題：人造肥料之肥效何如，依土中水分及有機質之多寡，土壤反應等而有不同；此固不能因不善施用而加抨擊；其最大關鍵，在由施肥而得之收益，是否合乎經濟，如所得不償所失，生產雖略見增加，亦難認爲滿意。

大概言之：菓樹，蔬菜，或其他特種作物，其每畝生產物之價值高者，施用人造肥料，可得之利益較多。反之，如一般農產物，售價低廉，縱能增其產量，而收入有限，亦不能採用。故用人造肥料之經濟與否，須就各地方情形，與施用人糞尿，廐肥，豆餅等天然肥料作長期之比較試驗不可。如在良好之環境下，單用天然肥料不能達到豐收有利之目的時，然後施用人造肥料以補某要素之缺乏，確有利益然後酌量施用。至於盲目妄用人造肥料，而欲其不失敗者，吾未見其可也。

## 第二節 今後肥料政策

杜絕舶來人造肥料，勢有不可能，欲增加農產，僅仰給於天然肥料之供給，亦難應付，故不能講求人造肥料管理控制之道，農民之教導，天然肥料之推廣。

(一) 增加天然肥料之種類：我國一般農家，所用肥料，均係天然肥料，如草餅，人糞尿，廐肥，堆糞等已如前述，惟種類殊少，產量不豐，近年都市趨向衛生設備，人糞多由暗渠排洩而遭損失，愈見供不應求，是亦理所當然也。乃

試觀我國廢物殊多，惜以科學不昌，迄今尙少利用，且該項廢物中，含有三要素之成分甚多，或可直接施之田園，或稍加精製，卽爲良好肥料，故增加天然肥料之種類，實爲解決我國肥料問題中之一要項也。茲將可作肥料之廢物，分述如次：（五）

（1）血粉 凡動物之血，皆可乾燥磨碎後，作氮氣肥料，蓋血粉中含有氮氣百分之十三乃至十五也，惟我國人民，對於動物之血，如豬血，羊血，雞血等，作爲佳羹，若作肥料，似屬可惜，惟若牛血，則以其味有惡味，當屠宰時，一任其漫流地面，概不利用，殊不知牛身中之血液量甚豐，苟能收集後，以製血粉，則氮氣肥料之產額上，亦可增加不少也。此外屠獸場之廢棄物亦有不少可利用作肥料者。

（2）屠宰場及菜館中之積貯物 我國一般屠宰場，對於骨角毛皮，均知收集，以資出售，惟城市菜館中屠宰後之零星物，以及食剩之皮骨等物，均屬拋棄之廢物，殊不知其中含有肥分頗豐，除百分之十二氮氣外，並有百分之六七之磷質，惟其中含有油分，施諸土中，殊難分解，且當發酵時，不僅生熱，且形成蠟酸醋酸等有機酸類，有礙作物之生長，故苟加以脫脂之手續，卽成佳良之肥料也。其法將是等夾雜廢物置於大桶中，加熱煮沸，則所含之油分，均析出於面上，除去之，乾燥磨碎後，卽成肥料矣。

（3）魚肥 我國沿海各省，海產殊豐，乾製鹽製之廠林立，或因腐敗而不堪應用，或爲製造時之零星廢物，其量亦不在少數，其成分約含氮氣百分之六乃至九，磷質三至四，亦爲良好之肥料，普通蒸乾磨碎後，卽可施用，惟設用稀硫酸，澆於積貯物而製之一，則可防腐爛，二則骨骼疏鬆，易於粉碎，且施於土中，易成可給態，而爲作物吸收

也。

(二)改良天然肥料之保存及使用法 以天然肥料之保存法及使用法之不當，而致肥分流失，或致化氣飛散者，比比皆是，其量雖微，然其損耗頗巨，故欲補救中國之貧肥，亦不可不加以注意焉。

(三)切實管理控制化學肥料 (四) (1)切實擴充宣傳指導之工作 外國洋行爲求貨物之暢銷，力盡宣傳之能事，以致農民有廢棄施用天然肥料，而專用舶來之人造肥料者，近則專用硫酸銨一種。欲圖挽救，亟應喚起民衆，現在此種宣傳指導之工作，國內各省除浙江略有進行外，似不甚得力，收效甚鮮。對於外商之宣傳材料，須先經審查認可後，方准張貼。

(2)禁止單純硫酸銨一種入境 此項爲有條件的禁止，肥料管理機關規定各縣適用種類及其搭配數量後，列表公佈。例如某埠進口肥料，因某某等縣，某某大宗作物之關係，規定每硫酸銨若干包，須同時運進某種磷肥若干包，某種鉀肥若干包；零售時，亦須由經售商人依照規定，將各單純肥料搭配發售，如此庶可減少現時之流弊。

(3)請商品檢驗局認真檢驗 運入內地之肥料，往往漏未黏附檢查證及成分化驗單者，致保證肥料種類及所含要素成分之多寡，發生弊竇，應請從嚴執行，以符初旨。

(4)取締內地經售肥料商店 肥料進口時雖經檢驗發給證書，方准運銷，但一入內地分包零售時，常據假作偽，是宜辦理各縣經售肥料商店登記辦法，切實管理。

(5) 組織販賣或肥料配合合作社 農民缺乏知識，宜由政府指導合作從事訂購及分配於農民，俾減輕血本而免受欺或配合施用不當之弊。

(6) 增加人造肥料輸入稅，以補助農事機關 人造肥料非有經驗知識者不能善為利用，否則流弊甚多。現在農事研究及指導之機關甚少，農民知識又淺，目前宜加稅，以免過量輸入，免農民貪圖便利，棄天然肥料於不顧。

現時我國農事機關，農業學校，鄉村教育，均因經費支絀，設備簡陋，而各省各縣之氣候，土質，與乎農作物之關係，皆所在不同，欲有所根據以教導農民，又欲使農民能接受新知識之灌輸，不能不從農村教育入手，如能將肥捐盡量撥入農業教育，研究，行政之用，庶幾弊端可止，農業有進步之希望。

(7) 嚴厲執行蠲免天然肥料捐稅，並禁止出口，以利農田。

(8) 調查利用國產礦質肥料，並設廠自製 中山先生於民生主義中亦認人造肥料為農業問題之一，主張採用科學方法發生水電，製造化學肥料，可謂深謀遠慮矣。今者人造肥料輸入日多，而盡為舶來品，每年漏卮甚鉅，若不自行製造，將來全國農業命脈皆操於外人之手，實堪隱憂。故政府宜急圖自製適合各省氣候土壤及作物之肥料，平價利農。

### 第三節 維持地力增加生產 (六)

未言維持地力之前，當明何謂地力：我國常有「地力耗盡」或「地氣拔盡」之語，其意指土地之生產力達於最低限度，不適種植，或雖種植亦無利可圖也。一村一鄉遇有此種情形，乃大不幸之事，而人民之生活因之難以維持，不能不棄之他徙。如一省之土地，或一國之土地，大部分變爲此種狀態，其影響爲何如耶？茲所欲言者在地方之維持，及生產之增加，且舉其大要如次：

(1) 停止放火燒山，防制沖刷 山坡地在廣東農民多視爲斬柴放牧之地，無若何農業價值，既少植樹，每日復入山斬柴，必飽載而歸，縱有天然之繁殖，其能逃樵夫之斧斤者亦幾希矣。尤有進者，牧草從未有人加以種植，放牧過度，不獨斷絕良好野草生機，踏爛地面，更助雨水之沖刷，童山赤嶺，繼以崩壞，其結果地面日益破壞，地方之損耗更無論矣。蓋沖刷以去之表土，皆最肥美之表層土壤也。

秋冬之交，常見野火燒山，野生之樹苗既難幸免，野草之種類亦逐年減少。土地一經燒後則表土變硬，有機質損失，雨水無由滲入貯蓄，終至草木絕跡，沖刷作用愈烈。或謂放火燒山，其目的即在欲藉雨水之力，將草木灰沖下肥田，其愚實不可及矣。由此所得之草木灰，其利益有限，其爲害則無窮，行之既久，不但山地變爲不毛，即低下之水田，亦被砂石堆積，而難耕作者；何若利用坡地與山地以事種植，山林川澤，皆各有其生產，較之有限之水田，其收益自當倍增之爲愈耶？觀乎廣寧縣、羅定縣，信宜之北，山多地少，而人民生活優裕者可以知之。此種地方燒山之事不多見，土地亦少崩壞，青山綠水，地方賴以維持也。

(2) 保存糞尿，多用綠肥，以增加土中有機質 廣東牧畜業不發達，農家所飼養不外幾頭豬，幾隻雞鴨，及

一二頭之耕牛而已。家畜少，則能施於農田之糞尿亦少。此外人糞尿往往落於池塘以餵魚，或無一定之廁所，以事收集，或被豬食去，或因暴露受風吹雨打而肥料成分滲漏流失，實際上農田幾無肥料之可施用，所以近年化學肥料輸入漸多，亦其原因之一，許多地方因無肥料而不能耕種，又其原因之一。

現在最要者在講究糞尿之保存；保存一分即農田多得一分之肥料。宜提倡牧畜；家畜多則肥料亦多，自不待言。然猶患不足，是宜提倡荳科綠肥作物之栽培。蓋荳科作物可以改良土性可以肥田，同時多數綠肥作物可以作良好之飼料，一舉而數得也。此外一切草稈不可燒去，盡量用作肥料，與一切廢棄物堆積腐爛而後用，勝過燒成灰燼。

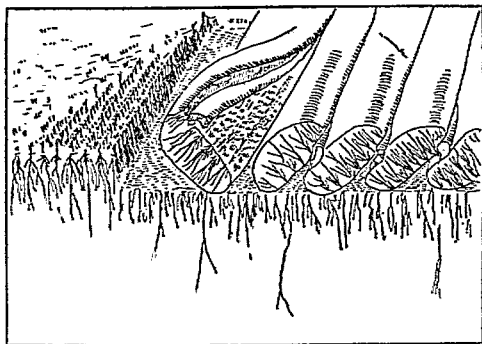
(3) 施用石灰 廣東土壤十之九俱係酸性，大多數作物均不適於酸性土，欲求農產之增加，施用石灰為必要，水稻為抗酸最強之作物，仍有施用石灰之必要，廣東農民多數已知石灰之利益，僅於雷州等地少有施用者。稻之外一切作物，均應依各該地之土壤及農作物而酌量施予石灰，尤以荳科作物為必要。

雖然石灰不可濫施，如僅施用石灰，而不施其他肥料，則地力消耗甚速，土質變硬，而難於耕種。曲江、樂昌等地，有每造施石灰一二擔，而不施其他肥料者，目前或可得相當牛產，但終非長久之道。許多地方已達最瘠劣之階段，欲恢復地力，非有相當之力量不可。

(4) 不可偏用氮質肥料 三要素須有相當之比例，以適合於各種土壤及作物，方無大弊。

(5) 勤加耕鋤 (Thorough Tillage) 或以為多施肥料，播種之後，不加如何之耕鋤，即可坐待收穫矣，殊不

(圖解三十一) 表示土壤須完全翻轉，犁入綠肥時尤為必要。



田土翻轉之後，繼以耙碎，整理，鎮壓諸手續，使苗牀細勻，而減少蒸發，埋入之綠肥或其他有機物易於腐爛。

知土地之整理不當，土地堅實不適於植物之生長，雖多施肥亦難得最高之生產。彼雜草與嘉禾齊茂，而曰苗不長，土不肥，蓋不深思也。此種情形在廣東之高州，雷州，韶州等地崗嶺之區固無論矣，而平野無際，荒涼滿目者，半由地方治安有關，而人民耕鋤之不勤亦最大之原因。得天獨厚，人事多有未盡也。

以水田而論，稻作收穫之後，即應犁翻，使土壤之各部分與空氣接觸，易於風化，增加植物營養料，以便異春稻作之利用，此一般之習慣也。廣東各地冬季種被覆作物 (Cover crop) 者既少，不加耕動者實多，如此情形安能望其豐收耶？

(6) 因地制宜 土壤之宜於何種作物及肥料，三要素與石灰之需要量若何，隨處而異。高地與低地土性不同。故宜因地制宜，選擇適當之作物，用適當之肥料，不偏不倚，無過與不及。最要者無論水田與旱田，有機質及石灰之供給，皆為維持地方不可缺少之物。

現在廣東主要作物為水稻，其次為甘蔗，番薯；吾人當有適當之計劃，在一定耕作次序之間，栽培綠肥作物，並視各該作物與土壤情形，而定石灰之施予量。除氮氣肥料之外，當用多量之磷肥，如骨粉及過磷酸石灰之類，為豆



科作物之所切要。廣東之沖積土皆有豐富之鉀質，丁穎教授對於水稻肥料試驗，亦證明鉀之需要最少。

最後吾人當竭勸導防止放火燒山，減除崗嶺地之沖刷作用。苟能依此法則從事農業，小之每畝之田可得較多之穀或其他農產之收穫，大之一省一國農業之盛衰，皆繫於此，豈可忽乎哉？

參考文獻

- 1 Van Slyke-Fertilizers and Crops pp. 449-476.
- 二 陳方濟——化學肥料問題——浙江省建設月刊第五卷第七期（一九三二）。
- 三 彭家元——人造肥料是否可用——農聲第139期（一九三〇）。
- 四 章祖純——浙江省農民施用肥料問題——肥料問題（浙江省建設廳農業改良總場化學肥料管理處出版）二十年十一月。
- 五 永生——中國肥料問題——通農期刊第一年第一期（南通大學農學院）二十二年七月。
- 六 彭家元——維持地力增加生產之法則，農業世界新年號（一九三二），中山大學農學院。

# 附錄

(A) 農產物分析表(百分數平均)  
(1) 普通作物

作物名	水	分灰	分氮	(N)	磷酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	加里 K <sub>2</sub> O	石灰 CaO
糙米							
粳米 (水稻)	一四·三	〇·八七	一·三五	〇·四六	〇·二〇	〇·〇三	
粳米 (陸稻)	一四·三	一·一〇	一·五四	〇·五七	〇·二四	〇·〇二	
粳米 (陸稻)	一四·三	〇·九二	—	〇·四八	〇·二一	〇·〇二	
白米	一四·五	〇·五〇	一·二二	〇·二九	〇·一四	〇·〇三	
標	一一·三	一二·四六	二·〇八	三·七八	一·四〇	〇·〇八	
叔穀	一二·〇	一六·二二	〇·六四	〇·一九	〇·四九	〇·〇七	
水稻	一四·三	七·三一	〇·六三	〇·一一	〇·八五	〇·二六	
陸稻	一四·三	七·八五	〇·七九	〇·一一	〇·八五	〇·三一	
大麥 (實)	一四·五	一·七〇	一·六〇	〇·五六	〇·二八	〇·〇一	
大麥 (莖)	一二·〇	四·九五	一·七六	〇·九一	〇·八三	〇·一九	

大	麥(粉)	一四〇	二・〇〇	一・六〇	〇・九五	〇・五八	〇・〇六
大	麥(稈)	一四・三	四・五九	〇・六四	〇・一九	一・〇七	〇・三三
小	麥(實)	一四・四	一・六八	二・〇八	〇・七九	〇・五七	〇・〇五
小	麥(稈)	一四・三	四・六〇	〇・四八	〇・二二	〇・六三	〇・二七
小	麥(粉)	一三・六	〇・四四	一・八九	〇・二二	〇・一五	〇・〇三
小	麥(麸)	一四・三	九・二〇	〇・七二	〇・四〇	〇・八四	〇・一七
蕎	麥(實)	一四・〇	一・一八	一・四四	〇・五七	〇・二七	〇・〇五
蕎	麥(稈)	一六・〇	五・一七	一・三〇	〇・六一	二・四二	〇・九五
蕎	麥(皮)	一四・〇	二・九八	二・七二	一・〇七	〇・七九	〇・二九
粟	(實)	一二・〇	一・一二	一・一九	〇・三四	〇・二三	〇・〇三
粟	(稈)	一五・五	七・九一	〇・九一	〇・二九	一・二八	〇・五二
玉蜀黍	黍(實)	一四・四	一・二四	一・六〇	〇・五七	〇・三七	〇・〇三
玉蜀黍	黍(稈)	一五・〇	四・五三	〇・四八	〇・三八	一・六四	〇・四九
玉蜀黍	黍(稈皮)	一四・〇	〇・四五	〇・二三	〇・〇二	〇・二三	〇・〇二
玉蜀黍	黍(粉)	一四・〇	〇・五九	一・六〇	〇・二七	〇・一七	〇・〇四

(2) 特用作物

作物	名水	分灰	分氮	(%)	磷酸	H <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	加里	K <sub>2</sub> O	石灰	CaO
大豆(實)	一〇・〇〇	二・八三	五・三四	—	一・〇四	—	一・二六	—	〇・一七	—
大豆(莖)	一四・〇〇	三・二七	一・三一	—	〇・三一	—	〇・五〇	—	一・四六	—
大豆(實)	一一・八〇	三・九二	三・一二	—	一・六六	—	〇・九六	—	〇・五五	—
苜蓿(莖)	一六・〇〇	四・一三	〇・五六	—	〇・二五	—	一・一三	—	一・一七	—
亞麻(實)	一一・八〇	三・二六	三・二八	—	一・三五	—	一・〇〇	—	〇・二六	—
亞麻(莖)	一二・〇〇	三・一一	—	—	〇・四二	—	〇・六七	—	〇・六九	—
亞麻(纖維)	一〇・〇〇	〇・六八	—	—	〇・〇七	—	〇・〇三	—	〇・三六	—
棉(實)	一七・七〇	三・三八	三・六三	—	一・〇五	—	一・〇九	—	〇・一九	—
棉(莖)	一六・〇〇	九・一五	〇・六三	—	一・三七	—	〇・八八	—	〇・九二	—
大麻(實)	一二・二〇	四・六三	二・六一	—	一・六九	—	〇・九四	—	一・〇九	—
大麻(莖)	一〇・八〇	三・一七	—	—	〇・二一	—	〇・五五	—	一・六八	—
新鮮落花生	一五・六〇	一・六三	四・四一	—	〇・四五	—	〇・七八	—	〇・〇九	—
胡麻(實)	五・八〇	三・四三	三・一五	—	一・三二	—	〇・六二	—	〇・六八	—
菸草葉	一八・〇〇	一四・〇七	二・四五	—	〇・六六	—	四・〇九	—	五・〇七	—
菸草莖	一八・〇〇	六・四七	一・六四	—	〇・九二	—	二・八二	—	〇・六六	—
藍葉	一七・七〇	一一・七〇	三・七三	—	〇・七一	—	一・六一	—	—	—

附錄

三七七

(3) 蔬菜類

作物名	水分	分灰	分	氮 (N)	磷酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	加里 K <sub>2</sub> O	石灰 CaO
藍 莖	一九・七〇	—	七・一八	一・一八	〇・五四	二・〇三	—
茶 (葉)	—	—	五・四三	三・二三	〇・四九	一・三二	一・一五
茶 (幹)	—	—	二・三二	一・三三	〇・三三	〇・五〇	〇・四六
桑 (葉)	一六・九六	—	三・八二	三・八一	〇・五五	二・〇六	一・二七
桑 (材部)	一四・二〇	—	一・二一	〇・三三	〇・〇六	〇・二三	—
桑 (皮)	一一・二〇	—	五・九八	一・三七	〇・二一	〇・七九	—
桑 (新梢)	一六・九〇	—	八・二九	二・三九	〇・五六	〇・五四	—
甘 薯	七五・〇	—	〇・九五	〇・三〇	〇・〇九	五・五〇	〇・一一
甘 薯 (莖葉)	八五・四	—	〇・八八	〇・二七	〇・〇五	〇・三五	〇・一七
馬 鈴 薯	七五・〇	—	〇・九五	〇・三四	〇・一六	〇・五八	〇・〇三
馬 鈴 薯 (莖葉)	七七・〇	—	一・九七	〇・四九	〇・一六	〇・四三	〇・六四
蘿 蔔 (根)	九四・〇	—	〇・四七	〇・一七	〇・〇四	〇・一七	〇・一一
葱 頭	九六・〇	—	〇・七四	〇・二七	〇・一三	〇・二五	〇・一六
茄 子	九三・五	—	〇・三九	〇・一一	〇・〇五	〇・一九	〇・〇二
豌豆	一四・三	—	二・三四	三・五八	〇・八四	一・〇一	〇・一一

作物名	水分	灰分	氮(N)	磷酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	加里 K <sub>2</sub> O	石灰 CaO
豌豆(蚕)	一六・〇	四三・一	一・〇四	〇・三五	〇・九九	一・五九
蠶豆	一五・〇	二七・四	三・九〇	〇・九七	一・二一	〇・一五
赤小豆	一四・〇	二五・五	二・八六	〇・八五	一・一五	〇・〇九
刀豆	一四・〇	三六・五	三・五二	一・三五	一・三一	〇・三〇

(4) 果樹類

作物名	水分	灰分	氮(N)	磷酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	加里 K <sub>2</sub> O	石灰 CaO
葡萄(實)	八三・〇	〇・八八	〇・一七	〇・一四	〇・五〇	〇・一〇
蘋果	八三・一	〇・二二	〇・〇六	〇・〇三	〇・〇八	〇・〇一
梨	八三・一	〇・三三	〇・〇六	〇・〇五	〇・一八	〇・〇三
櫻桃	八二・五	〇・三九	—	〇・〇六	〇・二〇	〇・〇三
蜜柑(温州)	八四・二	二・七九	〇・一八	〇・三〇	一・二四	〇・五九
李	八三・八	〇・二九	—	〇・〇同	〇・一七	〇・〇三

(5) 飼料作物

作物名	水分	灰分	氮(N)	磷酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	加里 K <sub>2</sub> O	石灰 CaO
青刈大豆(乾)	一四・〇	七・二五	二・四九	〇・三六	三・一三	一・四一

青刈大豆(生)	八〇・〇	一・六九	〇・五八	〇・〇八	〇・七三	〇・三三
花中之紫雲英(乾)	一六・七	四・四二	二・二五	〇・四一	一・七〇	一・〇七
同 上(生)	八二・〇	〇・九八	〇・四八	〇・〇九	〇・三七	〇・二四
青刈玉蜀黍(生)	八二・六	一・〇四	〇・一九	〇・一〇	〇・三七	〇・一四
花中之紫苜蓿(乾)	一六・〇	五・七六	一・九七	〇・五六	一・八六	二・〇一
同 上(生)	八〇・〇	一・三七	〇・四八	〇・一三	〇・四四	〇・四八
胡 枝 子(乾)	一五・九	五・九〇	二・三六	〇・五一	一・〇一	二・六八
同 上(生)	七九・〇	一・四七	〇・五九	〇・一三	〇・二五	〇・六六

(B) 肥料分析表(依吉村清尙)

(甲) 動物質肥料

品 名	氮(N) %	磷酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	加里 (K <sub>2</sub> O) %	有機質
鯨 縮	六・〇七—一・五三	一・六二—一〇・六二	—	—
魚 鱗	五・八八—六・六〇	七・二〇—一六・六〇	—	—
蝦 糠	三・八五—	二・三四—	—	—
鱈 粕	七・一七—九・四二	二・九六—七・九六	—	—
乾 鰹	七・〇六—一〇・七九	三・三九—七・三五	—	—

小 蝦(乾)	八·四〇	二·三〇	一·〇〇	—
小 蟹(新鮮)	一·三三	〇·四〇	〇·一七	—
骨 粉(普通)	四·〇九——五·一七	二·一〇——三·一〇	—	—
骨 粉(印度產)	三·三五——四·〇九	一九·七四——三三·一九	—	—
燕製骨粉	二·七一——四·五九	二二·〇九——二七·七三	—	—
脫膠骨粉	〇·九三——一·三四	二八·二七——三〇·六二	—	—
骨 炭	〇——〇·七〇	二九·〇〇——三四·四〇	—	—
肉 粉	一〇·一七——一四·〇〇	一·四三——	—	—
革 粉	七·〇〇——二二·二五	—	—	—
角 粉	一二·一五——一四·二〇	〇·二〇——〇·三〇	—	—
乾 血	一二·二七——一五·〇〇	〇·三二——一·七五	—	—
肉骨粉	三·〇〇——九·〇〇	一·五三——八·三七	—	—
坦克已	七·五八——九·〇〇	六·三〇	—	—
羊毛屑	五·二〇	一·三〇	〇·三〇	—
乾 蠶 蛹	六·一〇	一·四一	一·〇八	—
新鮮蠶蛹	一·九三	〇·二一	〇·〇四	—
蠶 渣	一·四五	〇·二五	〇·一三	—



新鮮	混有草稈				乾燥牛糞	活性汚泥	土糞乾	人糞乾(混有泥)	人屎(腐熟)	人屎(新鮮)	人糞(新鮮)
	鴨糞	雞糞	豬糞	羊糞							
鴨糞	○·五五	○·五四	○·九五	二·三·四〇	一·八二	四·八〇——六·四〇	○·二九	二·七六	○·五〇	○·八五	一·三〇
雞糞	一·一〇	一·四〇	○·六二	二·六二〇	○·四八	○·二八	○·二九	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六
鴨糞	一·六三	一·五四	○·八五	二·五五〇	○·五〇	○·二二	○·二二	○·五〇	○·五〇	○·二六	一·一六
雞糞(完全)	○·五八	○·五〇	○·五〇	一·四五〇	○·二六	二·三〇——四·二〇	○·二二	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六
雞糞(中熟)	○·五〇	○·二六	○·六三	一·九二〇	○·二二	二·三〇——四·二〇	○·二二	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六
雞糞(新鮮)	○·四五	○·二二	○·五二	一·四六〇	○·二二	二·三〇——四·二〇	○·二二	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六
豬糞	○·四五	○·一九	○·六〇	一·九二〇	○·一九	二·三〇——四·二〇	○·二二	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六
羊糞	○·八三	○·二三	○·六七	一·九二〇	○·一九	二·三〇——四·二〇	○·二二	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六
馬糞	○·五八	○·二三	○·五三	一·九二〇	○·一九	二·三〇——四·二〇	○·二二	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六
牛糞	○·三九	○·一八	○·四五	一·四六〇	○·一九	二·三〇——四·二〇	○·二二	○·八五	○·五〇	○·二六	一·一六

(乙) 植物質肥料

品名	N%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O%	有機質
油菜 (粘有草)	三·五四—八·一六	一·一二—三·〇	一·四五	八三·〇〇
大豆	六·三〇—七·九四	〇·九三—一·五四	—	七八·四八
棉實油粕	三·五二—七·二五	一·四二—三·七六	一·五八	八二·二〇
桐實油粕	二·三三—四·八五	〇·七八—一·七四	—	—
椰子油粕	二·九二—四·三六	一·一五—二·八三	—	—
胡麻油粕	五·〇六—七·九三	一·〇三—三·八九	—	—
亞麻仁油粕	四·七二	一·六二	一·二五	八二·六七
蓖麻子油粕	五·二二	一·九六	—	—
落花生油粕	七·五六	一·三七	一·五〇	八五·六〇
茶實油粕	一·六四—二·一三	〇·三二—〇·五四	〇·三九—一·九九	八二·七五
醬油粕	二·〇二	〇·二三	〇·八八	三九·六七
燒酒糟	一·九八—二·八九	〇·二七	〇·〇七	三八·五〇
米糠	一·五一—三·五六	二·七二—四·八七	—	七六·〇〇
豆腐渣	〇·六八	〇·一二	〇·一七	一三·八〇
蔗渣	〇·四三	〇·一五	〇·一八	—

附錄

水稻	稈	〇·六三	〇·一一	〇·八五	七八·六〇
陸稻	稈	〇·七九	〇·一〇	〇·八五	七七·九〇
小麥	稈	〇·四八	〇·二二	〇·六三	八一·一〇
大麥	稈	〇·六四	〇·一九	一·〇七	八一·二〇
玉蜀黍	稈	〇·四八	〇·三八	一·六八	八〇·五〇
棉	莖	〇·六三	一·三七	〇·八八	七四·九〇
菸草	莖	二·四六	〇·九二	二·八二	七五·五三
甘藷	莖	一·一八	〇·五一	一·二八	—

關於綠肥作物之分析參看附表A飼料作物類

(丙) 礦物質肥料

1 氮質肥料

品名	氮氣 (N) %	磷酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) %	加里 (K <sub>2</sub> O) %
硫酸銨	一八·六三—二一·五四	—	—
智利硝(良)	一六·〇二—一七·三八	—	—
智利硝(普通)	一一·六七—一六·三九	—	—
氯化銨	二四·二六—二六·〇一	—	—

2 磷質肥料

白 聖 硝	一五·五〇		
路 那 硝	三五·九〇		
尿 素	四五·八〇		
石 灰 氮 氣	一五·一七——二二·〇〇	石灰五二·九〇	
硝 酸 石 灰	一一·七〇——一三·二〇	石灰二七·三三	
硝 酸 鈣	三五·〇〇		

品 名	氮 氣 (N) %	磷 酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) %	加 里 (K <sub>2</sub> O) %
過 磷 酸 石 灰	—	有效一三·〇〇——一六·七六	—
重 過 磷 酸 石 灰	—	有效三五·七〇——四六·九三	—
骨 製 過 磷 酸 石 灰	一·三〇——三·三六	有效八·二七——一三·四〇	—
湯 馬 斯 磷 肥	—	一一·三九——二二·九七	—
沈 澱 磷 酸 石 灰	一·五〇	一九·五〇	—
磷 質 海 鳥 糞 (良)	—	三八·〇〇——三九·〇〇	—
氮 質 海 鳥 糞	七·〇〇——一四·五〇	九·〇〇——一四·〇〇	—
骨 灰	—	二〇·七五——三五·四〇	—

附 錄

骨	炭	〇・七〇	二九・〇〇	
燒	磷粉(普通)	—	一二・四〇——一四・〇〇	
燒	磷粉(良)	—	三五——三七・〇〇	

3 鉀質肥料

品名	氮氣(N)%	磷酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )%	加里(K <sub>2</sub> O)%
硫酸鉀(上)	—	—	四〇——五二
硫酸鉀(中)	—	—	三〇——四九
硫酸鉀(下)	—	—	一六——二〇
碳酸鉀	—	—	三二——六一
氯化鉀	—	—	四七——五二
硫酸鉀鎂	—	—	二〇——二八
硫酸鉀	一二・三	—	四四——四六
Kalbit	—	—	一一——一四
Carallite	—	—	九——一五
Sylvante	—	—	一四——二三
水	—	三五・〇	一〇・〇〇
	灰(落葉樹)	—	—

木	灰(針葉樹)	—	—	六・〇〇
藁	灰	—	二・一〇	四・五〇
菸草莖	灰	—	—	二八・八二
綿實殼	灰	—	七—一〇	一五—三〇

4 混合肥料

品名	氮氣(N) %	磷酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) %	加里(K <sub>2</sub> O) %
和合肥田粉	一六・五	一六・五	二〇・〇
磷酸銨鉀	一〇・〇	三〇・〇	一〇・〇
尿素磷酸鉀	二八・〇	一四・〇	一四・〇
磷酸銨	一一・〇—一六・五	二〇・〇—四七・〇	—
硝酸鉀	一三・〇	—	四四・〇
磷酸鉀銨	一六・〇	—	二八・〇
磷酸鉀	三二・〇—五三・〇	—	三〇・〇—五〇・〇

(C) 肥料要素改算表

由	改算	爲乘	以	由	改算	爲乘	以
NH <sub>4</sub> S	N	0.83	N	NH <sub>4</sub> S	1.22		

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	N	0.210	$\text{K}_2\text{SO}_4$	$\text{K}_2\text{O}$	0.540
$\text{NaNO}_3$	N	0.164	KOI	$\text{K}_2\text{O}$	0.631
$\text{KNO}_3$	N	0.139	$\text{CaO}$	$\text{CaCO}_3$	1.786
$\text{P}_2\text{O}_5$	P	0.440	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaO}$	0.580
P	$\text{P}_2\text{O}_5$	2.280	$\text{CaO}$	$\text{Ca(OH)}_2$	1.500
$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2.180	$\text{Ca(OH)}_2$	$\text{CaO}$	0.757
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	0.458	$\text{O(OH)}_2$	$\text{CaCO}_3$	1.30
$\text{K}_2\text{O}$	K	0.380	$\text{CaO}$	$\text{CaSO}_4$	2.429
K	$\text{K}_2\text{O}$	1.210	$\text{CaSO}_4$	$\text{CaO}$	0.411
$\text{K}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{SO}_4$	1.850			

(D) 外國肥料逐年進口統計表(硫酸銨爲主)

年 元	年 度	每 年 進 口 擔 數	值	關 平	兩 年	年 度	每 年 進 口 擔 數	值	關 平	兩 年
二	年	八二一,二五五	七〇七,〇四八	五	年	五〇九,一三二	五九五,九八七			
三	年	九〇八,五五七	九四八,四七六	六	年	八一七,一四六	七七九,二六〇			
四	年	八五二,二八二	九〇五,五四六	七	年	八四四,〇三一	七五二,一六一			
四	年	七三五,六〇八	七二七,〇五二	八	年	一,一四二,一三二	一,〇四一,一九八			

觀上表可知化學肥料輸入我國，在民國九年不過八十萬擔，價一百萬餘兩，到民國十九年則增至三百餘萬擔，值洋一千八百餘萬兩，總計自民國元年至二十一年共二八、四六一、一〇二擔，值銀八三、三八九、八三八兩。



(E) 廣州商品檢驗局登記之人造肥料一覽表

九	年	八四六、八八四	一、〇一九、三九四	十六年	一、四七二、一三八	六、五九八、五六八
十	年	八四一、六三〇	一、一九四、七一七	十七年	二、五三〇、六四三	二、四七九、九二〇
十一	年	九八三、五五二	二、一八〇、二一六	十八年	二、六四三、三二五	三、〇五三、三三四
十二	年	一、〇四九、二九八	三、九一一、一六〇	十九年	三、一九七、〇三九	一八、五一七、六八八
十三	年	一、〇一六、九六三	三、六四六、六二五	二十年	二、九一〇、九〇一	一五、三八七、八二八
十四	年	一、〇六七、五九九	三、八四九、一〇〇	廿一年	一、九三一、九〇七	九、〇九五、八八五
十五	年	一、三三九、一〇〇	五、九二九、〇七五			

肥料名稱	商標	標保	證成	分產	地
硫酸銨	獅馬	牌	20.6	德國	
硫酸銨	娥眉月	牌	20.6	英國	
硫酸銨	地球	牌	20.6	英國	



混合肥料	混合肥料(又名和合粉)	氯化鉀	氯化鉀	磷酸鉀	磷酸銨	磷酸銨	磷酸銨	磷酸銨	磷酸銨	磷酸銨	磷酸銨	磷酸銨	磷酸銨
安福牌	獅馬牌	耕牛牌一號	耕牛牌	救星牌	雙錘牌	象牌	飛機牌	牛牌	雙箭牌	太極牌	雙年牌	三角牌	扇牌
N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	N	N	N	N	N	N	N	N
18.0 20.0	16.5 16.5 20.0	30.0	51.40	40.0	20.6	20.6	20.6	20.6	20.0	20.0	20.0	20.6	20.6
美國	德國		德國	德國	荷蘭	英國	美國	英國	南方煤氣公司	美國	美國	德國	英國

混合肥料	雙馬牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	7.0 11.2 6.2	香港
混合肥料(又名鳥屎)	B牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.4 12.3	汕頭
混合肥料(又名白鳥屎)		N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	3.7 11.1 2.8	汕頭
混合肥料(又名烏鳥屎)		N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	2.9 8.0 3.8	汕頭
混合肥料	雀巢牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	10.29 8.65 4.27	香港
混合肥料(又名西沙翠鳥有機肥)	雙鳥牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	8.1 6.14 7.46	西沙翠

混合肥料	海鵝牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	5.0 7.4 5.8	荷蘭
混合肥料	海鵝牌三號	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	4.0 10.0 4.0	荷蘭
混合肥料	海鵝牌五號	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	10.0 8.0 2.0	荷蘭
混合肥料	藪豐牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12.5 5.5	廣州
混合肥料	福星牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	14.5 5.5 2.5	
混合肥料(又名田料糖)	福星牌	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	15.0 8.0 3.0	

(F) 中外度量衡折合對照表

標	準	制市	用	制營	造	庫	秤	制英	制
一公尺 (Meter)			三市尺				三·一二五尺		三·二八英尺
一公斤 (Kilogram)			二市斤				一·六七五六斤		二·二磅
一公升 (Liter)			一市升				〇·九六五七升		〇·二一加倫
一公畝 (Acre)			〇·一五市畝				〇·一六二八畝		〇·〇二四七英畝
一平方公里 (Square meter)			九·〇平方市尺				九·七六五平方尺		一〇·七六四平方英尺
一公頃 (Hectare)			一五市畝				一六·二八畝		二·四七英畝
一公分 (Gram)			三·二市分				二·六八分		一五·四三克冷
市		制標	準	制營	造	庫	秤	制英	制
一市畝			六·六六六七公畝				一·〇八五一畝		〇·一六四四英畝
一市升			一公升				〇·九六五七升		〇·二一加倫
一市斤			〇·五公斤				〇·八三七八斤		一·一〇二三磅
英		制標	準	制市	用				營造庫秤制
一英尺			〇·三〇四八公尺				〇·九一四四市尺		〇·九五二五尺
一英里			一·六〇九三公里				三·二一八七市里		二·七九四里
一英畝			四〇·四六八公畝				六·〇七〇二市畝		六·五八六七畝

附錄

三九三

一加倫	四·五四六公升	四·五四六市升	四·三九〇二升
一蒲式耳 (Bushel)	三·六三六八公斗	三·六三六八市斗	三·五一二二斗
一磅	〇·四五三六公斤	〇·九〇七二市斤	〇·七六〇〇斤
一噸 (二〇〇〇磅)	九〇七·一八九公斤	一八·一四·三六九七市斤	一五二〇斤
日	本	一日畝〓〓三〇日步〓〓〇·九九一七公畝	
		一日貫〓〓六·二五五斤〓〓一〇〇〇畝〓〓三·七五六公斤	
		一日斤〓〓一六〇畝〓〓六〇〇公分	

(G) 我國各地商品檢驗局現行人造肥料檢驗規程

第一條 本規程依商品檢驗條例(以下簡稱本條例)第二條及第二十一條之規定制定之

第二條 凡進口或國產之人造肥料(以下簡稱肥料)均應依本規程之規定向所在地商品檢驗局填寫檢驗請求單連同檢驗費呈請檢驗俟發給合格證書方得輸入或銷售但進口之肥料於必要時得於採樣後先給進口憑證單檢驗後換給證書

時得於採樣後先給進口憑證單檢驗後換給證書

第三條 檢驗局應依接到請求單之先後即日派員採樣其採樣辦法如次

- 一 每百包採樣四包百包以上千包以下採樣十包千包以上萬包以下採樣二十包萬包以上採樣二十五包每包採樣一斤(五百公分)

二 前款貨樣混合爲一提取二斤（一千公分）分裝四瓶由採樣員封固蓋印除一瓶供檢驗外一瓶交報驗人收執二瓶存局備查餘當場發還

第四條 檢驗程序限兩日內施行完畢星期日或其他放假日得延長之但遇必要時不在此限

第五條 檢驗請求單上須由報驗人填寫最保證成分凡貨品名稱商標相同之肥料其所報之保證成分不得差異

第六條 前條保證成分應分別氮磷鉀等原質填明百分率並印明於包裝上或另用保證票

第七條 檢查合格之肥料應由檢驗局發給附有化驗單之合格證書正副本各一份及檢驗執照一份並按包裝發給檢驗證黏貼包裝上

前項執照凡貨品名稱商標相同者僅給一份

第八條 檢驗結果不足報驗人所報之保證成分超過表內所列限度者檢驗局得令其改良製造其另含有害成分者得禁其輸入或銷售

人造肥料成分百分率差額表

肥料名稱	此保證成分不足之最大限度				
	氮	磷	磷	酸	鉀
(1) 無機氮素肥料	0.5	1.1			氧化鉀

(一)無磷素肥料		0.111 (0.50)		
(二)無機鉀素肥料				1.000 (1.200)
(四)混 合 肥 料				
(甲)保證之氮過百分之六者	0.70			
(乙)保證之氮不過百分之六者	0.40			
(甲)保證之鉀不過百分之三五者(磷酸百分之八)		0.111 (0.50)		
(乙)保證之鉀過百分之三五者		0.26 (0.60)		
(甲)保證之鉀不過百分之五者(氯化鉀百分之六)			0.42 (0.50)	
(乙)保證鉀過百分之五者			0.58 (0.70)	

第九條 檢驗費額硫酸銨肥料每擔(市制一百斤)國幣一角其他肥料每擔國幣六分其擔數以報稅時為準

前項檢驗費無論合格與否概不發還

第十條 檢驗合格之肥料改裝或重行配合時附繳化驗費八元連同原領證書檢驗

第十一條 農民購用肥料時得請求復驗化驗費依前條之規定其貨樣由請求人與原售人會同採取之

第十二條 肥料商應隨時將經售處呈報檢驗局並於每年終報告各地肥料營業狀況

第十三條 肥料經檢驗後檢驗局得隨時派員赴貨棧及各分銷處抽驗於必要時並得委託當地政府或其

他機關查驗

第十四條 各種肥料應用法應編說明書送檢局審定其他宣傳品廣告等亦同

第十五條 本規程自公布之日施行

(五) 浙江省化學肥料販賣取締處罰規則(二十年三月十六日公布)

第一條 本規則依浙江省化學肥料販賣取締規則第八條之規定訂定之

第二條 依照本規則處罰金時最高額爲物品原價百分之五十最低額爲物品原價百分之五

第三條 凡有左列各款之一者處以最高額之罰金

一 違反販賣取締規則第二條之規定者

二 未領許可證或登記證而擅自販賣者

三 對於施行查對有抗拒之行爲者

四 攙混雜質或和易他貨者

第四條 凡有左列各款之一者於最高額最低額之範圍內分別輕重處以罰金

一 逾規定期限不登記不報查者

二 已經查對之化學肥料違章配合者

三 挾帶未黏貼檢查證或化驗單及查對之化學肥料者

附錄



四 重用已貼用之證單偷裝未經檢查或查對之化學肥料者

五 報查單貨不符或混用逾限之一切單據者

六 違反販賣取締規則第七條之規定者

第五條 凡有第三條及第四條所列各款之一者得酌量情節輕重沒收其貨物或吊銷其許可證或登記證

第六條 凡有左列各款之一者送交法院依法懲辦

一 受查對者與稽查人串通舞弊或行使賄賂者

二 發覺人緝獲人匿報賣放或串通舞弊者

三 偽造或塗改各種證單者

第七條 凡科罰款項及沒收貨物以半數解廳以半數充賞其充賞數目作十成支配如次

一 四成給告發人

二 三成給協緝軍警

三 三成給執行機關職員獎金及處理該案辦公費

第八條 凡科罰款及沒收貨物均由主辦官廳發給收據

第九條 本規則自浙江省政府公布日施行

此外尚有浙江省化學肥料販賣取締規則，浙江省化學肥料批發行商登記辦法，浙江省各縣市化學肥料零售商店登記辦法等，均於二十二年三月十六日公布施行未及備載。

廣東建設廳農林局最近亦有肥料取締處罰規則之公布，其大要相似。

(I) 著者名錄

	頁數	
丁穎	16, 323, 374	肥 新 學
森農	58	
鈴木	21	
章組純	374	
竹內	67	
陳方濟	82	
內山	268	
Bessemer 畢洗美	211	
Birkeland-Eyde 柏克埃得	173	
Bohn Winterstein 邦未特斯坦	159	
Bradleg 布得列	173	
Deherain 得赫銳	166	
Egner, H. 伊勤	159	
Frankland 佛克蘭	165	
Frayier 福以耳	119	
Gardner 賈得勒	270	
Gaskill 敢司克耳	275	
Gauthier 高斯	158	
Gilchrist 稽希銳司	210	
Haber-Bosch 哈謨步虛	163	
Hall, A. D. 埃的何	7, 14	
Halvorsen and Togerson 哈屋生及唐哥生	116	
Hart 哈得	256	
Haskell 哈斯克耳	298	
Heiden 赫登	181	
Helgenstoch 赫耳金失多克	212	

	Hutcheson 漢其生	298
	Jacob and Coyle 吉可布及可埃力	322
附	Jerwitz 簡偉次	324
錄	Karamisheff, W. 克拉米息夫	157
	Kelley 克力	322
	Kellner 克勤	54, 57, 58
	Konig 客利格	190
	King 金氏	298
	Knöp 克落蒲	348
	Liebig 李璧熙	148, 181, 201
	Lohnis 羅里士	137
	Lehmann 列門	53
	Lovejoy 洛夫階	173
	Love 洛夫	361
	Maercker 麥爾克	109, 112
	Meyer 梅以耳	301
	Novelli 落凡里	321
	Otto 阿陀	68
	Panbeny 潘本	319
四	Peterson 皮特生	256
一	Power, W. L. 鮑威	257
	Pierre 裴銳	270
	Rotholomew 羅索羅眉	272
	Sachs 施克司	319
	Schreiner, O. 司克勒	14
	Stochlassa 司徒拉砂	20, 23, 153
	Stubb 司徒不	298

Truog 儲魯	274
Van Soesthout 凡西所失	14
Van Feitizen 范非任	159
Voelcker 何克	165
Wagner 魏格蘭	169, 213
Wheeler 毀來	141
Wolf 吳耳夫	53, 55,
Whitson 灰提生	298

部  
料  
學

### (J) 中英名詞對照表

— A —

Aerobic bacteria 好氣性細菌	90
Acid phosphate 過磷酸石灰	201
Active sludge 活性污泥	68
Absorptive capacity of soils 土壤之吸收力	265
Adsorption 吸着作用	41
Alfalfa 紫苜蓿	122
Alsike clover 瑞士三葉草	123
Air slaked lime 氣化石灰	133
Amide 醯胺	57, 89
Ammo-acid 氨基酸	293
Ammonical citrate 檸檬酸銨	212
Ammoniacal nitrogen 亞母尼亞態氮氣	19
Ammonium sulphate 硫酸銨	161
Ammo-phos 安福粉	235
Ammonium phosphate 磷酸銨	60, 148, 233
Ammonium chloride 氯化銨	177
Ammonium oxalate 草酸銨, 蓴酸銨	148
Ammophoska 銨磷鉀	233
Anaerobic bacteria 嫌氣性細菌	89
Apatite 磷灰石	196, 203
Artificial fertilizer 人造肥料	2, 161

四〇二

Atmospheric nitrogen 空中氮氣	20
Available plant food 有效性植物養料	5
Available phosphoric acid 有效磷酸	22, 217
Astragalus sinicus L. 紫雲英	123
Availability 利用率, 肥效率	260
Azotobacter 固氮菌	43
Ammonium nitrate 硝酸銨	177
Ammonium urate 尿酸銨	148
Ammoniaksuperphosphate 過磷酸銨鈣	318

— B —

Basic slag 鹼性爐渣	210, 211
Base exchange 鹽基交換作用	165
Basic superphosphate 鹽基性過磷酸石灰	207
Bedding 褥草	84, 88
Bone meal 骨粉	183
Bone tankage 骨肉粉	140
Blue grass 藍草, 青草	129
By-product ammonia 副產物亞母尼亞	161
Biological effects 生物的作用	245
Benzene 苯	150

— C —

Calcium carbide powder 碳化鈣, 炭化石灰	167
Calcium carbonate 碳酸鈣	242
Calcium nitrate 硝酸鈣	173
Calcium cyanamide 氰氨基化鈣, 石灰氮氣	167, 233
Caustic lime 生石灰, 苛性石灰	64
Chemical fixation 化學的保持	39
Chloroform 迷蒙精	190
Cheli saltpeter 智利硝	156
Commercial fertilizers 商品肥料	47, 161
Compost 堆肥	113
Common salt 食鹽	255
Cotton seed hull ashes 棉實殼灰	229

Crumb structure 團粒結構	28	
Carbon bisulphide 二硫化炭	150	
Crushed bone meal 粗骨粉	188	
Coprolite 糞化石	196, 201	肥
Chamber acid 鉛室硫酸	204	
Carbolic acid 石炭酸	64	料
Carnallite 光鹵石, 加勒爾乃特	224	
Comber's method 康柏法	249	學
Carbon nitrogen ratio 炭氮比率	230	
Cyanamide process 氰氨基化鈣合成法	164	

— D —

Degelatinized bone dust 脫膠骨粉	183	
Dissolved Peruvian Guano 溶解性秘魯海鳥糞	149	
Denitrification 硝化還元作用	159	
Dextrine 糊精	49	
Direct fertilizers 直接肥料	46	
Dicalcium phosphate 磷酸二鈣	22	
Diammonium-phosphate 磷酸二銨	231	
Double superphosphate 重過磷酸石灰	208	
Dried blood 乾血粉	140	
Dried fish 乾魚	146	
Drier 乾劑	311	
Detection 鑑定法	189	
Deflocculation 反凝作用	229	
Dissolved bone 溶解性骨粉	205	
Dolomite lime stone 含鎂石灰岩	211	
Diagnosing of manural needs 需肥之推測	279	四〇四

— E —

Essential plant food 植物營養要素	3	
Excrements of farm animals 家畜糞尿	71	
Emerson's method 愛麥生法	249	
Effectiveness of fertilizing materials 肥料之效果	259	

— F —

	Fallowing 休圃制	119
	Farm manure 廐肥	84, 325
附	Free nitrogen 遊離態氮	92
錄	Functions of nitrogen 氮之功用	17
	Functions of phosphorus 磷之功用	20
	Functions of potassium 鉀之功用	23
	Filler 補充物	311
	Fish scrap 魚粕	147
	Float 磷灰石粉	197
	Furrow application 條施	294
	Formaldehyde 蟻醛	23
	Formalin 蟻醛液, 福馬林	66
	Fertilizing value of bone manures 骨粉之肥料價值	188
	Florida phosphate 落佛利達磷灰	197
	Flocculation 沈凝作用	271
	Forest trees 森林植物	334
	Field experiment 圃場試驗法	347

— G —

	Green manure crops 綠肥作物	118
	Green vitriol 綠礬	66
	Guano 海鳥糞	
	—nitrogenous 氮質海鳥糞	148
	—phosphatic 磷質海鳥糞	148, 193
	Gypsum 硫酸鈣, 石膏	243
四	Ground lime stone 石灰石粉	242
〇	Grain crops 禾穀類	220
五	Glycocoll 氨基醋酸	89

— H —

	High analysis of fertilizer 高成分肥料	311
	Hippuric acid 馬尿酸	62, 71
	Hoff and horn meal 蹄角粉	141
	Hydrogenion concentration 氫離子濃度	246



Humus 腐植質	28
Home mixing 自家配合	311

— I —

Inorganic nitrogenous fertilizers 無機氮質肥料	156
Indirect fertilizers 間接肥料	46
Intermediate products 中間生成物	136
Incomplete fertilizer 不完全肥料	47, 307
Intensive farming 集約農業	285

— K —

Kainite 鉀石鹽, 開乃特	85, 224
Kali salts 加里鹽類	221

— L —

Law of minimum nutrients 最少養分律	7
Law of diminish return 報酬漸減律	12
Leunaphos 路那磷	234
Leunaphoska 路那磷評	233
Lime factor 石灰率	269
Lime nitrogen 石灰氮氣	164, 167, 210
Lime stone 石灰石	242
Lecithin 利洗新能磷	21
Leguminous crops 豆科作物	121, 325
Lespedeza 胡枝子	130
Loss and gain of plant food 植物養料之損失及增加	32

— M —

Maintenance of soil fertility 地力之維持	28
Manuring of different crops 各種作物之施肥法	319
Manurial value 肥料價值	237
Magnesium stone lime 含鎂石灰岩	240
Money crop 經濟的作物	291
Methods of application 施肥法	294
Methods of experiment on manures 肥料試驗法	340

	Meat meal 肉粉	139
	Medicago deniculata wild 苜蓿	125
	Mono-calcium phosphate 磷酸—鈣	22, 201
附	Mixed fertilizers 混合肥料	231
錄	Mixing of fertilizing Materials 肥料之配合	

— N —

	Night soil 人糞尿	1
	Nitrochalk 白堊硝	178
	Nitrate of soda 硝酸鈉	156
	Nitrophoska 合和粉, 硝磷鉀	231
	Nitrogenous guano 氮質海鳥糞	148
	Nuclein 紐克林態磷	153
	Nitrate superphosphate 硝酸鹽過磷酸石灰	217
	Nicotine 尼可丁	229
	Normal growth 正常生長	330

— O —

	Oil cakes 油餅, 油粕	150
	Organic nitrogenous fertilizers 有機氮質肥料	139
	Odds 偶差	359

— P —

	Pigiron 鑄鐵	211
	Potassium chloride 氯化鉀	226
四〇七	Palmaer phosphate 白麥甯磷肥	216
	Peptone 百補通	89
	Potassium carbonate 碳酸鉀	229
	Potassium nitrate 硝酸鉀	236
	Precipitated calcium phosphate 沈澱磷酸	217
	Potassic fertilizers 鉀質肥料	219

— R —

	Raw fish 生魚	145
--	-------------	-----

Red clover 紅三葉草	127
Reverted phosphate 還元性磷酸	22
Rock phosphate 磷礦石	196
Rotbarnsted Station 落山失得農事試驗場	107
Reaction, Chemical 化學的反應	301
Root crops 根菜類作物	326

肥  
科  
學

— S —

Saponification 鹼化	144
Sesbania 田菁	130
Sea weeds 海草	230
Sewage 污水	50, 68
Single fertilizer 單獨肥料	280
Slaked lime 熟石灰, 消石灰	64, 240
Sodium nitrate 硝酸鈉	156
Soy beans 大豆	123
Storing outside of doors 舍外堆積法	98
Storing under the roof 舍內堆積法	95
Stimulant 刺激物	46
Stassfurt potash salts 斯他斯非特鉀鹽	221
Steamed bone meal 蒸製骨粉	185
Sulphate of ammonia 硫酸銨	161
Supplement 添加物	311
Synthetic ammonia 合成亞母尼亞	163
Sylvanite 鉀岩鹽, 攝非乃特	224
Silicious clay 砂質黏土	211
Soil reaction 土壤之反應	266
System of fertilization 施肥之方針	290
Special crops 特用作物	328
Student's method 學生法	359

四  
〇  
八

— T —

Tankage 坦克己, 雜肉	141
Tennessee phosphate rock 丹力西磷礦	198
Thomas phosphate 湯馬斯磷肥	186, 210

	Treatment of stable water 厩肥瀰液之處理	103
	Tartaric acid 酒石酸	24
	Tobacco waste 煙草廢棄物	229
附	Top dressing 頂施, 追肥	295
錄	— U —	
	Urea 尿素	52, 177
	— V —	
	Valuation of fertilizer materials 肥料評價	286
	Vegetables 蔬菜類	353
	— W —	
	Water culture 水耕, 溶液培養	347
	Wiborgh phosphate 威波磷肥	215
	Wolters phosphate 吳德磷肥	216
	Wood ashes 木灰	219

中華民國二十五年一月初版

◆ 0 六四九五

精

(6797)

大學叢書  
(教本) 肥料學 一册

每册定價國幣叁元貳角

外埠酌加運費匯費

著 者 彭 家 元

發 行 人 王 雲 五  
上海河南路

印 刷 所 商 務 印 書 館  
上海河南路

發 行 所 商 務 印 書 館  
上海及各埠

版權所  
翻印必究

