

土壤及肥料講義目次

張 德 馨

上 編 土 壤

第 一 章 總 論

第 一 節	緒 言
第 二 節	土壤及土壤學
第 三 節	土壤與植物生長之關係
第 四 節	土壤學與其他科學之關係
第 五 節	組成土壤之礦物與岩石
第 六 節	土壤之成因
第 七 節	土壤之分類

第 二 章 土 壤 物 理

第 一 節	土壤之結構
第 二 節	土壤之組織
第 三 節	土壤之一般性質
第 四 節	土壤水分
第 五 節	土壤空氣
第 六 節	土壤溫度
第 七 節	土壤有機物

第 三 章 土 壤 化 學

第 一 節	土壤養分
第 二 節	土壤膠體物
第 三 節	土壤溶液
第 四 節	土壤反應
第 五 節	農用石灰

第 四 章 土 壤 生 物

第 一 節	土壤生物之概言
第 二 節	土壤微生物之作用

第 五 章 土 壤 應 用

第 一 節	土壤之施肥
第 二 節	土壤之排水與灌溉

第三節	土壤之改良
第四節	土壤調查

第二編 肥 料

第一章 總 論

第一節	緒 言
第二節	肥料及肥料學
第三節	肥料之成分
第四節	肥料之分類
第五節	肥料之分解
第六節	肥料之反應

第二章 農場肥料

第一節	人糞尿
第二節	厩肥與堆肥
第三節	草木灰
第四節	綠肥
第五節	骨肥

第三章 人造肥料

第一節	智利硝石
第二節	硫酸銨
第三節	硝酸鈣
第四節	石灰氮
第五節	過磷酸石灰
第六節	湯馬斯磷肥
第七節	鉀質肥料

第四章 間接肥料

第一節	石灰與石膏
第二節	食鹽與鈣鹽

第五章 肥料應用

第一節	肥料之配合
第二節	肥料之施用
第三節	肥料之試驗

土 壤 及 肥 料

上 編 土 壤

第 一 章 總 論

第一節 緒 言

晚近農村問題，喧騰於世界，究其內容，不外生產問題，經濟問題，及社會問題，此三者相關頗切，然以生產問題為最主要，倘生產問題不得解決，則無法涉及經濟問題與社會問題。欲求生產問題之解決，則須先求農業生產之增加，農業生產之增加，更以增進土地之生產力為要途。如此則土壤之生成，土壤之性質，以及土壤之施肥與改良等問題，乃不得不研究之。此所謂土壤學在農學中佔重要之位置者也。

土壤問題，不論古今中外，早已為人重視，如禹平水土，劃分九州，析土宜以興地利。周禮司能有五土之辨，草人掌土化之法。西人威爾氏（Weir）著土壤生產學，謂人類最需要之物，莫過衣食，而衣食之所出，全賴土壤，又嘉德里氏（Gardner）著土壤與土壤管理學一書，謂人民文化程度之高低，全視乎能否利用地殼表面薄層之土壤，蓋從此地殼表面薄層土壤，吾人可得衣食住之原料焉。

當茲財窮物盡，民生凋敝之時，更須講求土性，發展地力，增加生產為要圖。故政治家白德斐（Bulterfield）氏鼓勵人民保存地力與改良土性，管子亦曾謂地者政之本也，辨於土而民可富。此言頗可為施政之要綱。吾人以栽培為職責者，更於具生產力之土壤，不可不研究者也。

第二節 土壤及土壤學

一、土壤 土壤為岩石分解而來，岩石亦可由土壤而變成。岩石之上，植物不易生長，須待分解成為細粒與有機質相混合，始適植物之生長。我國古時以萬物自生者則言土，以人耕而樹藝者則言壤，今者科學發達，土壤之研究亦愈進步，而各國學者對於土壤之定義，亦因之不同。如客爾氏（Karlshregel）謂土壤為礦物研為細末及變化形態之物質，而含有動植物之腐爛生成物，德國學者里希特萊芬（Richthoffen）氏謂土壤為地球表面

之疏松體，岩石之一種病態，又俄國學者道古切貞夫 (Dokutchayeff) 氏謂土壤為位於地球表面或接近地球表面之物質層，受水，空氣，及生活或已死之有機體之自然的作用，而加以變化者，今者一般對於土壤之解釋，則謂土壤者位於地殼之表層，其質輕鬆，為破碎之岩石及腐敗有機物之混合體，有容積以支持植物之軀幹，有養分以供植物之滋養，及具有其他適於植物生長之要素者也。

二、土壤學 岩石分解之細粒與有機質混合則成土壤，土壤復感受一切天然力之影響，如雨露霜風溫度及生物等之作用，引起土壤之理化上之變化頗大，吾人自外表觀之，則混然一塊，但其性質之變化，乃旦夕不同。故土壤學者乃研究土壤之成因，土壤理化性質之變化，土壤生物之作用，以及土壤應用與改良之科學也。

第三節 土壤與植物生長之關係

植物之生長與發育，常受環境要素及生理要素之支配，生理要素乃關乎植物之本身，而環境要素乃繫乎土壤之範圍，如熱力，日光，氧氣，水，養料等，蓋土壤有容積，可以支持植物之軀幹，土壤可以蓄存雨水，以供植物之利用，太陽之熱力，土壤可以吸收之，以調節植物生長之溫度，水分及空氣之流通，土壤有空隙以引導而疏通之，土壤之成分，藉微生物之作用及理化變化之功，以製造植物之養料，故植物生長與土壤有密切之關係。

第四節 土壤學與其他科學之關係

凡研究一種科學，必具數種科學之知識，蓋彼此之應用，常發生學理上之關連，研究土壤亦然，茲將其與其他種科學之關係簡略述之：

(1) 土壤與地質學之關係 地質學乃研究地殼組織之一種科學，土壤係地殼之一部，位於地殼之表層者，苟地質學不明，則土壤之種類及其一切性質無由區別。何種岩石構成何種土壤，何種土壤，成自何種岩石，更不可知矣。

(2) 土壤與化學之關係 土壤中之種種變化，多為化學之作用，若化學不明，則土壤之化學變化，即無從研究，土壤之化學分析亦不能行。土壤之化學分析不行，則土壤中所含養料之成分量，不得而知，或酸或鹼亦無法判定，於是土壤之施肥及改良，無從着手矣。

(3) 土壤與物理之關係 土壤種種性質，關於物理學者極多，不明物理學，則土壤之一切物理性質，莫得而知。例如土壤顆粒之大小，組織之鬆密，空氣與水之流通，皆與物理學有關係。

(4)土壤與生物學之關係 土壤中之生物不外兩種，大生物與微生物，大生物中如蚯蚓，蟻，可使土壤疏鬆，微生物之作用，可使土壤成分變成植物之營養分，此種作用，較諸化學與物理之作用為尤甚。

第五節 組成土壤之礦物與岩石

一、礦物之風化與土壤 土壤之礦物質部分，來之於岩石之風化，而岩石為一種或數種礦物組成。由岩石之風化至土壤之生成，其間曾經過極複雜之變化。取土壤而與岩石相比，其物理及化學上之性質，似無連繫之關係，然欲追求土壤之性質及成分之根源時，不得不先明岩石，欲明岩石，又不得不知礦物。礦物者何？乃各元素之集合體也。凡具一定化學成分之天然產物，無論為單體或為化合物，為結晶體，或非結晶體，皆稱為礦物。

礦物之種類極多，據現今所知者，不下一千餘種，但常見且為土壤之母體者，為數有限。蓋岩石風化之部分，大部為接近大氣，而受其侵蝕者，故僅為地殼表面之部分，與其極薄之層耳。根據當比奈 (Orbig ney·D.) 氏之計算，地殼所含之礦物，為量較多者，僅有數種，茲舉其名稱及其量之百分數列表於下：

第一表 地殼所含重要礦物及其量之百分率。

礦物	百分率	礦物	百分率
長石	48	碳酸鹽	1
石英	35	角閃石類	1
雲母	8	其餘者	2
滑石	5		

今就地殼之化學成分而論，其含較多量之原素，為數甚少，可於第二表所列克拉克 (Clark ·E·W.) 之計算見之。

原 素	百分率	原 素	百分率
氧	47.33	氟	0.10
矽	27.74	鈦	0.46
鋁	7.85	碳	6.19
鐵	4.50	磷	0.12
鈣	3.47	錳	0.03
鎂	2.24	硫	0.12

鈉——	2.46	鎂——	0.08
鉀——	2.46	鋁——	0.02
		氯——	0.06

由上列二表觀之，可知地殼所含之礦物，以長石及石英為最多。而其化學成分，則以氧，矽，鋁，鐵為最多。土壤之組織，大半以砂為基礎，其含砂較少者，則多含黏土，石英為砂之母，而長石為黏土之母，石英之化學成分為二氧化矽。長石之化學成分為複雜之矽酸鹽，其金屬元素為鋁，鈉，鉀，鈣等，至於鐵則寄於雲母及角閃之中。土壤與地殼之成分的相近可以明矣。

(1) 石英 (Aurtz) 石英之成分為二氧化矽，為普通岩石之主要成分，成小粒狀，不易腐爛，故岩石風化之後，常見石英獨存，因而各類土壤中，幾均含有之，在土壤學中稱為砂，此種礦物風化後所成之細粒，在鹼性溶液中頗能溶解，所謂膠二氧化矽是也。此種礦物，多構成輕細砂土。

(2) 長石 (Feldspar) 長石為鉀鈉鈣鋁等質之矽酸鹽，依結晶形態及成分可分為兩類，正長石及斜長石是也。正長石又名鉀長石，其成分為 $(KAlSi_3O_8)$ ，普通成帶紅之白色，風化稍易。斜長石包含鈉長石 $(NaAlSi_3O_8)$ ，鈉鈣長石 $(Al_2VqSi_2O_8 \cdot Al_2CaSi_2O_8)$ ，鈣鈉長石 $(AlNaSi_2O_8 \cdot AlCaSi_2O_8)$ 及鈣長石，此數種礦物之外表頗相類似，不易分辨。以上兩種長石，岩石包含之甚多，對於風化之情形各異，然經水及碳酸等之作用，而成含水矽酸礬土 (陶土)，放出一種可能態之鉀質。其成分中最易分解者，為鈉鈣鋁矽酸鹽類，較難分解者，為鉀鋁矽酸鹽類。其構成之土壤，多為砂質黏土，頗為肥美。

(3) 雲母 (Mica) 普通常見之雲母，以色分之有兩種，即白雲母與黑雲母是也。白雲母 $[H_2(KNa)Al_3(Si_3O_4)_3]$ 含鉀，故亦名鉀質雲母，黑雲母 $[(HK)_2(MgFe)_2Al_2(SiO_4)_3]$ 含鐵與鎂，故亦名鐵鎂雲母，除此二者之外，尚有較不常見之黃雲母，即人誤為金沙者。白雲母抵抗風化作用最強，土壤中常見之，黑雲母較易風化，土壤中鮮見之，此種土壤可以改良黏土之物理性。

(4) 方解石及白雲石 (Calcitea dolomite) 方解石 $CaCO_3$ 及白雲石 $(Mg \cdot Ca)CO_3$ 皆為碳酸鹽之礦物，均能溶解於酸，如以稀鹽酸處理之，即生氣泡，但白雲石不若方解石之甚，此種性質常為土壤檢定時利用之。以其分種類，白雲石失去石灰成分，變成滑石，方解石受高溫失去碳酸，則成石灰，此二種礦物所成之土壤亦佳。

(5) 角閃石及輝石 (hornblende fangite) 此兩種礦物所含成分不一，大致為鈣鎂矽酸鹽類，而雜以不等量之鐵鉛鉀等質，二者皆易腐爛，岩石表面常現紅色者，即此二礦物所含之鐵氧化後而成之氧化鐵，此種礦物風化後所成之土壤為富鐵鎂之粘土。

(6) 滑石及蛇紋石 (Talc d serpentme) 滑石之成分為 $H_2Mg_3(520_3)_{14}$ 成淡白色，質似肥皂，為矽酸鎂之二次化合物。蛇紋石 $H_4Mg_3Si_2O_9$ 為橄欖石風化所生成，以其有綠色紋故得名。二者腐爛後所生成之土壤，在農業上鮮有價值。

(7) 橄欖石 (Olivine) 橄欖石之成分為 $(MgFe)_2SiO_4$ ，成玻璃狀，質脆而顏不一，在地面溫度與壓力之下，易於風化，風化後鎂質造成蛇紋石與苦土，鐵質氧化而成赤鐵礦或褐鐵礦，此種礦物所構成之土壤多為黃褐色。

(8) 磷灰石 (apatite) 土壤中磷來自無機物者為磷灰石。其化學成分為 $Ca_5(PO_4)_3(O, F)$ 。其風化力主為碳酸水之溶解。其構成之土壤為富磷質之肥沃土壤。

(9) 綠泥石 (Chlorite) 此種礦物為含鐵鎂鋁之矽酸鹽，含水約百分之十二，火成岩常現綠色體，乃由於其所含之角閃石與輝石變為綠泥石也。風化後鐵變為輕氧化鐵，鎂變為碳酸鎂。最近朱喀氏謂土壤膠體物為此礦物所構成，惟此說尚待證實。

(10) 赤鐵礦及褐鐵礦 (Hematite d limonite) 赤鐵礦之成分為 Fe_2O_3 ，褐鐵礦之成分為 $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ ，此二種礦物均由含鐵之礦物分解而成。凡呈赤色或黃色之土壤，皆為含此礦之徵也。

二、岩石之風化與土壤

岩石為數種礦物之混合體，土壤乃由岩石風化而成，其關係已簡述於前。岩石之種類甚多，依其生成之原因可別為火成岩，水成岩，變質岩三種。火成岩為岩漿遇冷所結成之岩石，其所含之礦物多為結晶體，惟晶粒之大小不等，急冷者晶粒必微小，而緩冷者晶粒粗大。火成岩有淡色者，因其含長石及石英多之故，有深色者，因其含角閃石及輝石之故。水成岩為水風，冰河所攜帶之礦物，堆積於一處後，為碳酸、石灰、鐵化合物等之粘着體所結成者。此種岩石因粒體微小，故驟視之似不含結晶體，而實則石英，長石，角閃石等之結晶，俱可於顯微鏡下見之也。水成岩有層理為其特性。火成岩或水成岩受外界之影響，如遇熱曲褶，或受壓力而變其形態或化學成分，即為變質岩。變態之結果，多為礦物之從新排列，如花崗岩之變為片麻岩，而變質之結果，則為礦物變其成分，如長石之變為白雲母。

A. 火成岩類

- (1) 花崗岩 此岩為全體結晶組織，普通一般為暗灰色。其所含之礦物，以石英及長石為主體，以雲母及角閃石為副體。其粒粗者較粒細者分解為易。其一般之風化作用，先自裂隙，漸次崩壞，而為粗鬆之岩屑，卒至構成壤質土或砂質壤土。故由花崗岩構成之土壤，其物理性質甚為佳良。惟含植物之營養料稀少，但在情形良好時，未分解之礦物粒，如長石雲母等，常受風化而供給鉀磷石灰等養料，其土壤之生產力，亦未始不可增加。
- (2) 正長岩 (Syenite) 正長岩含長石最多，石英僅有小量或無之，此外尚有少量之角閃石與雲母，磷灰石為正長岩必有之成分，故正長岩土壤多含磷素。正長岩因不含石英。故其砂酸成性，較花崗岩者為低。至於其他成分，則除氧化鐵類，正長岩所含較多外，無重大之異點也。
- (3) 閃長岩 (Diabase) 此岩為全體結晶之組織，其色自綠色或黑灰色而至暗黑色，主要礦物成分為角閃石，斜長石，其礦物粒粗者，則分解迅速，易於構成肥沃之土壤，其酸性強者，每含石英少許，謂之石英閃長岩，此種岩石構成之土壤物理性質稍好，但閃長岩構成之土壤，則過於粘重。
- (4) 輝長岩 (Biotite) 輝長岩色黑，晶粒粗而比重高。其來源為少含碳酸及鉀而含稍多之鐵鎂鈣之岩漿所凝結，由此可知其主要長石必為鈣鈉長石。所成之土壤含養分較多，惟較粘重，有礙作物之生育，此其劣點。
- (5) 玄武岩 (Basalt) 玄武岩顏色暗黑，反應鹼性，主要礦物成分為斜長石，輝石，橄欖石，其風化漸次進行，鹼金屬及鹼土金屬，被溶解洗去，亞氧化鐵及矽酸亦失其一部分，含水矽酸膠土之量，即行增加，卒至構成富於養化鐵之赤黃粘重土壤。

B. 水成岩

- (1) 砂岩 (Sandstone) 此岩以砂粒為主要成分，因種種物質膠結而生成，膠結砂粒之物質，其種類頗多，有粘質，矽質石灰質，泥灰質，及鐵質種種。故砂岩之風化，因之而有遲速不同，膠結物為矽質者，風化最難，粘質者次之，石灰質者最易，該岩所構成之土壤，若主為石英質者，通常瘠薄。含粘質或泥灰質多及長石富者，則成良好土壤。
- (2) 頁岩 (Ghales) 頁岩為變硬之泥土，故亦名為泥石，其基本礦物為高陵土。其風化

作用，先由岩石破裂而成岩屑，後由岩屑而變成細砂，卒至構成輕鬆砂質黏土，後再變為黏質土壤，考此岩構成之土壤，所含之養分量甚微，生產力不大，因其過於黏重，而致土壤之物理性質不良。

- (3)石灰岩 石灰岩之分佈甚廣，其質細而易琢，故多用於建築。其基本礦物為方解石，而方解石之化學成分為碳酸鈣，故有中和土壤酸性之能力，因而其在農業上之用項亦甚大，碳酸鈣燃燒之後，二氧化碳氣被逐，而成氧化鈣，氧化鈣加水而成建築用之石灰，其風化作用，多因水之沖激岩石表面，或滲入岩石裂孔內，使變為岩屑，後漸次風化，則構成黃色黏重土壤。

C. 變質岩

- (1)片麻岩 (gneiss) 花崗岩變態而成片麻岩，此岩為全體結晶組織，種類頗多，普通為暗灰色。其礦質成分為石英，長石及雲母，其風化作用，隨其成分而有遲速，富於石英及雲母者，則分解較遲，又結構相者，則分解易，構成之土壤，多為砂質壤土，富於鉀質。
- (2)片岩 (Schist) 此岩為細粒組織，呈片狀，其色為黑灰色，其礦質之主要成分，為石英及雲母，與片麻岩不同處為不含長石。含雲母愈多者，則分解亦愈易，其構成之土壤，通常為礫質洗土，鉀鈣二質皆感缺乏，故土質不肥。
- (3)石英岩 (quartzite) 此岩質密而硬，呈塊狀或粒狀，其礦質成分為石英，有時亦含雲母及長石者，風化甚難，先由岩石之表面成不規則之網狀小孔，後漸分解為粗粒岩屑，終變為細砂，所構成之土壤，頗為輕鬆，缺少黏着力，含養分甚稀，至鉀磷諸要素，則幾缺乏，能耕種者極少。
- (4)板岩 (Slate) 板岩有極整齊之層理，而層面皆有雲母片，故易分裂而成板，由黏土石灰岩，頁岩等變化而成。其礦物質主要成分為黏土及石灰石，其風化結果，構成黏重土壤。
- (5)大理岩 (Marble) 此岩為粒狀結晶組織，其礦質主要成分為方解石，其風化作用及化學成分，均與石灰岩大致相同，其構成之土壤亦似，於農業不甚重要。

第六節 土壤之成因

岩石露置空氣中，時而以風吹之，雨擊之，日光照射於表面，時而熱之至極高溫度，復冷之至零點以下；水分流經岩石裂縫，冷時而成冰，熱時而為蒸氣；有機與無機之酸類

，腐蝕岩石使其溶解或變化其成分，又如動物之踐踏，植物之滋生等，遂使岩石之表面改變其顏色，損使其堅固之原性，而漸變為分離或不結合之細粒及微末，此之謂風化作用，此風化作用，約而言之曰物理作用與化學作用，分而言之水力作用。風力作用，冷與熱作用，冰力作用，動物作用，植物作用，養化作用，養化還原作用，碳酸作用，水化作用，及溶液作用等等。

(一) 物理作用

(1) 水力作用 水之作用有兩種，破碎作用及搬運作用。

(一) 破碎作用 如雨水之沖刷剝蝕岩石，河水所帶之砂礫，流動時，互相沖撞與磨擦，此外海濱與河岸受海浪之起伏，潮水之升降，皆可使岩石碎成砂粒及細泥。

(二) 搬運作用 河水流動常攜帶夾雜物以俱行，藉水流之緩慢，地勢之傾斜，其夾雜物依次沉降，迨水落而土壤成矣。

(2) 風力作用 乾旱之區，大風起時，砂粒應風力而起，順風向而行，凡阻其途者，莫不受沙粒之打擊與磨擦，以致岩石磨成光面，懸崖磨陷根基，古碑損失字蹟，濱海之地，大風之後，窗上玻璃可磨至不透明之程度，牆基之磚，可失稜角。凡此皆由於砂粒之磨擦所致，而所磨脫之物質，遂變為土壤之礦部分，且砂粒於順風吹動之時，猶水之流動，彼此沖擊磨擦，結果亦可消滅其體積，而生成細粒。

(3) 冰力作用 當天寒之際，雪多雨少，塞谷充野，積而不消，後又為新雪所覆，大風起時，塵砂蔽天，風停塵砂積於雪面，如此層層堆積，遂成冰山。俟春暖冰山移動，所經地面，受其磨擦與重大之壓力，高山可以摧平，堅石可成粉粒，又其移動時，塵砂復聚，漸融漸移，及融後乃沈積地面，而成土壤。

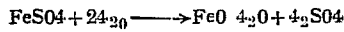
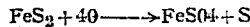
(4) 冷與熱作用 熱之則脹，冷之則縮，乃物質之通性，岩石亦然，組成岩石之礦物，漲縮之係數之同，而冬夏晝夜冷暖之變亦巨，故受年深日久之變化，則石質雖堅，終必崩潰，而成細粉，常且光滑之岩石表面，經數年之曝露後，即現碎片，此碎片再受其他作用，與岩石脫離卒成細粒。

(5) 霜力作用 霜力之作用，亦能造成土壤，液體之水，遇冷而變為固體冰時，其體積增加百分之九，因此發生重大之壓力，(計一千平方英尺有一百五十噸)。水流於岩石之裂縫中，結成冰後，即將裂縫推大，水量復增，直至結冰時所生之壓力超過岩石晶體之結合力時，則岩石裂成碎塊。

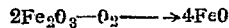
- (6) 植物之作用 樹林生長於岩石之裂縫中，日久之後，可使岩石裂為數塊，此由於樹根之壓力所致。又如下動植物，生於岩石之裂縫中，其分泌之酸液，及分解有機物所生之有機酸，有使岩石分解之力。又因植物根為覓食料及其幼芽因須穿過表土，以求日光及空氣之故，用極大壓力向四圍擴張，結果發生磨動，可助土粒之崩解。
- (7) 動物之作用 動物因生活之需求及習慣，於有意識及無意識之間，皆可助岩石之磨爛，及土壤粒之變細，齧齒類動物，如鼠狐之類，掘穴而居，穿土而行，皆可助土壤之風化，又如蚯蚓穿伸，牛羊踐踏，足使岩石曝露，以利風化。

(二) 化學作用

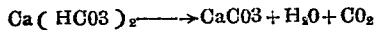
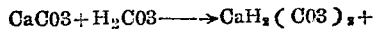
- (1) 氧化及氧化還原作用 岩石曝露空中，感受空中養作氣用，漸行分解，此之謂岩石氧化作用，如黃鐵礦養化後生成硫酸鐵，硫酸鐵受水之作用，生成含水氧化鐵及硫酸。含水氧化鐵體質疏松，漸行分解，硫酸復可侵蝕岩石，助成風化。



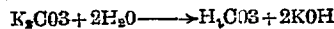
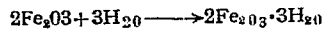
養化還原作用與氧化作用相反，減少養氣，在排水不良或含有機質多之地，則多行之。如



- (2) 碳酸及碳酸還原作用 空氣中常含有二氧化碳，溶於水則成碳酸水，此水較清水之溶解力大。如石灰石及大理石為碳酸鈣，受碳酸之作用後，即變為酸性碳酸鈣，酸性碳酸鈣受雨水沖洗，又分解成碳酸鈣，水分及二氧化碳。



- (3) 水化作用 水化作用者，水與礦物化合或分解而生成之化學作用也。又如鐵遇水則生銹，碳酸鉀與水相作用，生成碳酸及氫氧化鉀。



- (4) 溶液作用 各種礦物破碎後，被水溶解，成為溶液，含鈣鈣鎂鈉之岩石，與水相作用，生成鹼基性溶液。二氧化碳氣及硫化氫與水相作用，則生成酸性溶液。此二種溶液，與岩石相作用，皆有溶解之力，如石榴石受碳酸鈉或氯化鈉之作用，則生成

沸石，石灰石與碳酸之作用，變成可溶性之酸性碳酸鈣。

- (5) 植物之作用 植物體之腐爛，或植物之分泌物，以及菌類因分解作用，產生之種種有機酸，皆可使岩石崩壞，礦物分解。
- (6) 動物之作用 動物死後之屍體，或排泄物等積存於岩石之空隙中，久之則腐敗生成有機酸類，可以溶解礦物，或動物携帶之食物，亦常起腐敗作用，產生碳酸及硝酸等，而與岩石或土壤相作用，而使之風化。

第七節 土壤之分類

土壤學雖已列為一門自然科學，惟其分類方法，尙乏確實之基礎，其所以如此者，厥有四因：一為土壤個性之缺乏，土壤未經人類開闢者，雖仍保持其原來之狀態，但其真面目，亦常被植物所掩蓋，其未生植物者，或受風雨之沖刷，或受人類之翻動，致成無定形之質體，故其真實個性，無法認明。二為土壤藏匿之過度，吾人所研究之土壤，乃土壤之表面，其下層雖有極多之研究資料，惟因手續繁雜，尙未達全部之探討。三為土壤情複雜，土壤之生成，土壤之組織以及土壤成分之變化，包含氣象、物理、化學、生物、地質等自然科學之現象，以個人一生之精力研究，殊感困難也。四為學者目標之不同，研究土壤者恒注意土壤之生產力，以及土壤性質之改良，而忽略土壤之分類。有此四種原因，至土壤之分類，而未能統一，現今世界各國對於土壤之分類法，約不外下列數種：

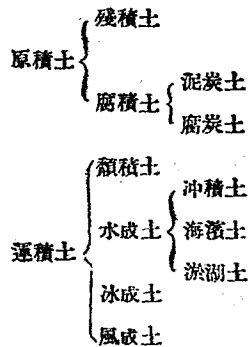
- (1) 依地質學上之分類法 土壤地質學上之分類者，即依據岩石風化之原因而行之分類者也，換言之即土壤生成原因之分類也。
- (2) 依岩石上之分類法 岩石分類法者，即依據生成土壤之岩石而分類者也，例如花崗岩生成之土壤，曰花崗岩土壤是也。
- (3) 依溫度之分類法 溫度分類法者，即依據地方溫度之高低而分類者也。如熱帶土壤，溫帶土壤，寒帶土壤等是也。
- (4) 依降雨量之分類法 降雨量分類法者，即根據地方雨量之多寡而分類，如燥土壤，半燥土壤，亞濕土壤，濕土壤，過濕土壤等是也。
- (5) 依植物生長之分類法 植物生長分類法者，即依據植物生長適宜與否而分類，如草類土壤，森林土壤，鹼性土壤，酸性土壤等是也。
- (6) 依土壤色澤之分類法 土壤有種種色澤，依土色而分類者，即土壤色澤之分類，如黑色土壤，灰色土壤，黃色土壤，褐色土壤等是也。

(7) 依土壤結構之分類法 土壤結構分類者，即依據各種土粒配合之狀態，而行分類者也。

以上七種分類法，以第一種與第七種為最重要，蓋第一種分類法關乎土壤之成因，追溯土源，研究土性，殊為重要，第七種分類法，以土壤之結構為分類之標準，研究土壤學者，不可不知，此因土粒大小之不同，混合之比率不一，土壤之種類乃得而分之。茲將地質學上之分類法與土壤結構分類法分述如下：

一、地質學上之分類

土壤地質學上之分類者，即依據岩石風化之原因而行之分類者也。換言之，即土壤生成原因之分類也。大別之有二，即原積土運積土是也。



(1) 原積土

原積土者，乃由岩石之崩碎及有機物之分解積於原地，而未曾經過移動之土壤也。

- A. 殘積土 殘積土者，由原地岩石所殘留之土也，其生成最古，向未移動，倘將該土深掘數尺，則可發現與此土性質相近之岩石，此種土壤含有鐵質，故呈紅色或黃色。復受風化，漸成極細之洋土，黏土及結實壤土。
- B. 腐積土 腐積土者，乃各種植物腐爛後，積蓄而成之土壤也。此種土壤又分為泥炭土及腐炭土。植物有機質尚未完全腐朽，其植物之組織，尚能辨識之土壤，謂之泥炭土，植物有機質已完全腐爛，色澤較深之土壤，謂之腐炭土。此兩種土壤，富於有機質，故成肥土，但排水與通氣不甚良好，乃其缺點耳。

(2) 運積土

運積土者，乃岩石風化之土壤，受風，水，冰川，及地心吸力之作用，由一地而遷移於他地之土壤，是為運積土。此種土壤，依其所受外力之不同，分成下列四種。

- A. 頽積土 頽積土者，乃岩石崩碎，受地心吸力之作用，而頽積之土者也。其結構粗，不適於植物之生長。
- B. 水成土 水成土者，乃藉水之沖激剝蝕及遷移之作用而成之土壤者也。此種土壤又分為三種。由河水沖積之土壤，名曰沖積土，由海水浪潮沖激及遷移作用所積蓄之土壤，名曰海濱土。由湖淤積後所成之土壤，名曰淤湖土。水成土庶為肥沃之土壤，適於耕作。
- C. 冰成土 冰成土者，乃冰之作用，將岩石粉碎所成之土壤也，冰成土以壤土及黏質壤土為多，心土較表土細微，排水不良，其肥沃度視風化之久暫而異。
- D. 風成土 風成土者，在旱帶及雨水稀少之地，由風力吹積所成之土壤也。此種土壤又分為低原風成土及高原風成土是也。低原風成土之生成，乃冰川溶解後，流入溪河之內，將所攜帶泥土停蓄其內。當水涸風巨之時，其細微泥土為風吹起，而散積於各地，成為沉土或黏質壤土，含石灰質頗多，如灌以適當水分，則成肥沃土壤，我國北部之土壤，即屬此種。高原風成土之生成，乃在乾燥之地，荒蕪山坡，受機械之崩碎，由風之作用，吹積於各地所成之土壤也。我國北部及中部亦常見此種土壤。土粒細微，不分層次，呈灰褐色或黃色，多成良田。

二、結構上之分類

研究土壤學者，當以土壤之結構為分類之標準，此種分類，以土粒之大小不同，混合之比率不一，又別為四大類，曰：礫土，砂土，壤土，黏土。

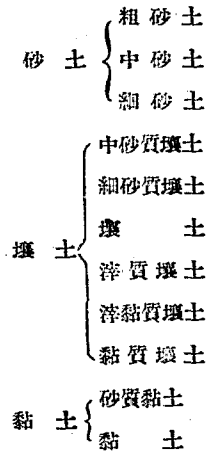
- (1) 礫土 普通所謂礫土者，必含有百分之六十至八十之石礫，其細土之含量甚微，因含石礫之不同，又分為砂質礫土，壤質礫土，粘質礫土，石礫量愈少，而細土愈多，其價值乃增。
- (2) 砂土 普通所謂砂土者，含百分八十以上之砂粒，其質甚疏鬆，空氣水分通過甚佳，見於耕種分解，作用亦迅速。惟此種土壤，土粒直徑愈大者，保水力愈弱，故易

罹旱災。

(3) 壤土 壤土者，為含有黏土粒，滓土粒及砂土粒之土壤，其黏性及砂性約相等者也。為土壤中性質最良者，一般作物生長皆適宜。

(4) 黏土 黏土為含百分六十以上之黏土粒及滓土粒，百分四十以上之砂土粒，其一般性質與砂土相反。

以上四種土壤，礫土對於農事上無甚價值，砂土，壤土，黏土三種，在農業上頗重要。此三種土壤，在普通農業上又分為十一種如下：



土 粒	砂 土 %	壤 土 %	黏 土 %
細 礫	2	2	1
粗 砂	15	5	3
中 砂	23	5	2
細 砂	37	15	8
最細砂	11	17	8
滓 土	7	40	36
黏 土	5	16	42

第二章 土壤物理

第一節 土壤之結構

土壤結構者，乃研究構成土壤之土粒之大小之謂也，蓋一種土壤所含土粒之大小，殊不一致。有粗者，有細者，其形狀亦參差不齊，有稜角者，有滑者，有糯者。土壤所含土粒有多屬大者，則曰粗結構，有多屬小者，則曰細結構。考土壤之結構與土壤之肥瘠，植物之生長大有關係，結構細之土壤恆較結構粗之土壤為肥沃。

土粒依直徑之大小，可分成若干類，最普通之分類，約為下列七種如下：

土 粒	直 徑
1. 細 礫	2—1 m.m.
2. 粗 砂	1—0.5 m.m.
3. 中 砂	0.5 —0.25 m.m.
4. 細 砂	0.25—0.10 m.m.
5. 最細砂	0.10—0.05 m.m.
6. 滓土粒	0.05—0.005 m.m.
7. 黏 土	0.005以下m.m.

土粒之種類已如上述，總之不外三種，砂粒，滓粒，及黏粒是也。此三種土粒最為重要，各種土壤均由此三種土粒構成，但因其構成之成分多寡不同，而土壤之種類及性質亦異。欲知各種土壤之性質，不可不先明三種土粒之特性，茲述如下：

- (1) 砂粒 砂粒含有機質甚微，質重而大，黏着力極微，凝聚力亦微，乾時縮小不多，濕時漲大亦少。其構成之土壤，質輕而鬆，易於耕鋤，故有輕土之名，排水及通氣均良好，但保水力甚弱。
- (2) 滓粒 滓粒含有機物稍多，性輕而小，黏着方較砂粒大，凝聚稍強，乾時縮小之度甚於砂粒，濕時亦較砂粒強。其構成之土壤耕鋤稍難，通氣排水雖不若砂土為易，但保水力稍強。
- (3) 黏粒 黏粒含有機質甚多，質較滓粒為小，黏着極大，乾時為尤甚，凝聚力強，濕時漲大，乾時縮小，其構成之土壤，不易耕種，故有重土之名，通氣排水均不良，保水力大，故多濕潤而少旱魃之患。

欲行土粒類別之鑑定，須作土壤之機械分析，蓋土壤之機械分析，關乎土壤物理性質之研究，土壤中化學之變化，植物生長之適否甚深。茲將土壤機械分析法之簡而易行者介紹如下：

土壤機械分析法 未行機械分析之前，先將土壤用橡皮塞研碎，而以直徑 2m·m 圓孔篩之，其不能透過者，謂之砂礫，其透過者，謂之細土，復將細土以行機械分析。

(1) 奧茲本氏玻璃杯分析法 (Osborn's Beaker Method) 此法乃利用地心吸力，而施洗滌作用之方法也，先將細土，用亞母尼亞水，使土粒完全分離，後加水攪動，則土粒大小依次洗下，其粗大者，最先洗下。後將未洗下之滓土與黏土倒出。若砂間附有滓土與黏土，則加水攪動，至於砂間，不附帶此種土粒為止。乃將砂乾之，篩入同等之砂內。又將倒出之滓土與黏土，再如前法，加水淘汰，使其分解。待達一定大小之度，滓土完全洗下，將黏土倒出，使其乾燥，而後計算其百分數。

(2) 斯阿翁氏洩汰分析法 (Schöne S-Elutvator method) 此法利用流水之力而进行分析，使土壤完全分離，用通過 2m·m 圓孔篩之細土，放入玻璃管內，使水由管之狹小一端上而流，其流時將玻璃管搖動，土粒即隨水由玻璃管頂端洩出。視水流速度之緩急，而土粒大小可以次第分出。水流緩，則土粒流出者細，水流速，則土粒流出者粗。然後乾燥之而行定量。

第二節 土壤之組織

土壤組織，乃研究土粒之布置，與上述土壤之結構頗關重要。蓋土壤有輕土與重土之別，其組織有鬆組織與密組織之分，輕土過鬆，重土過密，過鬆過密，其物理性質皆屬不良，非植物生長所宜。

一、土壤之組織法

(1) 柱狀組織法 此法土粒之排列形如柱狀，其各圓體互相接觸之處有四，其空隙占土壤全容積百分之四七、六四。

(2) 傾斜組織法 此法土粒排列形如斜狀，其各圓體接觸之處有六，其空隙較少。占土壤容積百分之二五、九五。

(3) 兩種不同圓體傾斜法 此法土粒排列亦為斜狀，惟以小圓體藏於大圓體內。除六處接觸外，其餘空隙多為小圓體所充塞，空隙更少。占土壤全容積百分之二五、九五以下，幾至於無空隙者。故常為混土狀，又名混土組織。

(4) 多種圓體柱狀組織法 此法土粒排列亦為柱狀，惟以數種不同圓體互相緊湊，成一圓體，而排成柱狀，其空隙頗大，占土壤容積百分之七二、五八。

以上四法乃近乎理想，田間土壤非盡如此。自組織實際狀況言之，可分下列三種。

(1) 單粒組織 此種組織，每土粒係散開，不與其他土粒相密聯，成散開狀，故亦稱散開組織，砂質土壤多屬此種。

(2) 混土組織 此種組織利用水力使土粒細者，混合而滿積於大土粒之間，而成混土。土中幾無空隙，此種組織，最不良好，有礙作物之生長，土粒細小之黏土多屬此種。

(3) 團粒組織 此種組織最為良好。由細粒之土凝結於大粒之上，或細粒之土互相凝結，而成大粒，又曰土團。此種土團愈小愈佳，良好之壤土屬之。

二、土壤組織之改良

土壤之組織不外單粒組織與複粒組織兩種，粗砂土壤，多為單粒組織，其土粒散離而不黏合，故甚鬆脆，排水通氣均甚佳良，耕作亦易，此其優點，惟有時過於疏鬆，吸收能力頗弱，水分養料均易流失，故砂土多屬瘠薄，其改良之法，以施用有機質為最要。有機物分解後，可以增加土中膠質物，使土粒互相黏結，水分養料流失較難，漸成肥沃之土壤，黏重土壤，為複粒組織，其土粒黏合甚密，吸收能力甚強，水分養料雖不易流失，但有時過於緊密，通氣排水不良，作物亦不宜生長。其改良之法，要在使土質疏鬆，多造成團粒，普通人工改良法，多行腐植質及石灰之增加。蓋腐植質之性質在乾時縮小容積，在濕時容積增大，具伸縮性，故土壤中腐植增加，則伸縮性大，土壤之組織破裂甚易，終成疏鬆，石灰質有成團之作用，可將小土粒互相凝結，變成團粒，而使土質疏鬆，華令頓 (Warrington) 氏曾在英國農場試驗成功。

第三節 土壤之一般性質

一、土位及土層 土位者乃研究土壤所在地之位置或狀態者也。蓋土地有平坦傾斜凸凹等等之別，對於植物之生育，土質之肥瘠，土地之價值，頗有關係。通常以平坦者為良好，因耕種與施肥均感便利，且水分，濕度，溫度，光線等之關係亦為均勻，作物之生長自能一致。傾斜者通常在十五度以內，尚可耕種，若在十五度以上，則只宜栽植林木，至四十度以上，殆不適於植物生育。

土層者乃研究土壤層次之謂也。土壤層次，可大別為二，表層土壤與底層土壤是

也。表層土壤為及於耕作之土壤，其深度本無一定，惟表層土愈深，則作物之根蔓延愈廣，養分供給之量愈多，土質愈為肥沃，凡普通作物之栽培，其表層土之深度至少須一公尺以上，否則其深度不及一公尺者，往往不適用於一般作物之生長，而僅宜於淺根作物之栽培，且易罹旱病。底層土壤又稱心土，在表層土壤之下，不受耕作影響之土層也。此層土壤對於排水及微管流動等，頗關重要，與下表土無明顯一定之界限，其至有與下表土無異者（在乾地）其深淺隨地而異，更無一定之標準，約二十吋左右原野之平地，必較山地為深。

二、比重

(1) 假比重 假比重者，非真正純粹土壤之重量也。乃土壤內有空隙時所定之比重，因各種影響而有不同，(一)由於土壤之結構，砂質土壤土粒較粗，排置較密，空隙甚少，其比重自大。壤土及黏土其結構與砂土相反，故比重小。(二)由於土壤之組織，組織密之土壤，其比重大，組織鬆之土壤其比重小。(三)由於土壤之有機物，土壤中所含有機物多，則比重小，有機物少則比重大，蓋有機物質鬆，而增加土壤中之空隙也。

測定假比重之法，以一定容積之土壤，於某溫度時，定其重量，而以此重量與等容量及等溫度之水重量相比，所得之數，即土壤之假比重（或稱容積重量）

$$\text{容積重量(假比重)} = \frac{\text{土壤之重量}}{\text{同容積水之重量}}$$

(2) 真比重 真比重又曰真重，或求得比重，乃土壤內無空隙時所定之比重也。其測定此比重有兩種要素。曰個粒之重量及土質所佔之地位。前者可以化學及礦物學之性質而測定之，後者可以土粒之布置而測定之。若土粒重則土壤緊，其在一定容積之重量亦大，又礦質土壤以各種構成土壤之礦質不同，其重量亦異，以各種礦質之比重不同故也。

測定真比重之法，以同容積水之重量，除同容積純土土壤之重量，即可得土壤之重量，其公式如下：

$$\text{土壤真比重} = \frac{a}{a+c-b} \quad (\text{在 } 17.50 \text{ 測之})$$

a = 試土乾物量

b = 比重瓶重量，試土重量與充滿比重瓶水量之合。

$c =$ 比重瓶重量與水量之合

(3) 土壤之重量 土壤之重量，砂土較黏土重，礫土則尤重，含有機物愈多則愈輕。其測定之法，即同容積之水量乘土壤假比重之量，即為土壤之重量。

三、土壤之空隙 土壤空隙者，乃研究土壤中土粒與土粒間所有之空隙也。凡一團或一粒之土，必有空餘之處，人所皆知，此空餘之地方，即曰空隙，土壤中之空隙，為水與空氣所填充，若土壤中水分減少，則空氣所佔之地方增多，水分增多，則空氣所佔之地方減少，二者更迭變遷，故土壤中之空氣水分得以流動不息。土壤空氣之多少，關乎農事頗要，如土壤之衛生細菌之作用，根之伸張，非土壤空隙不可。自然之土壤中，可影響孔隙之因子，一為各級土粒之百分率，粗粒愈多，孔隙愈低，而細粒愈多，則空隙愈高。二為土壤之結構，良好土壤，成團粒結構，故孔隙高，結構不良之土壤，土粒分散，土質緊實，故孔隙低。土壤之孔隙，可用下式求得之：

$$\text{孔隙百分率} = 100 - \left(\frac{\text{容積比重}}{\text{真比重}} \times \frac{100}{1} \right)$$

四、土壤之凝聚性及黏着性

土壤之凝聚性及黏着性，有使土粒隔離及聚合之能力，此種功能，皆為土壤分子一種引力之現象也。土壤凝聚性發生之原因，由於黏質之組織，所含之輕鈣化鐵，矽酸鋁等或膠質物之存在，以及土壤中之分子引力而產生，土壤黏着性之發生，約分兩濕時與乾時是也。當土壤濕時，則以水分之薄膜及膠質物而發生。當土壤乾時，則由土粒互相結合，及土壤中之矽酸鹽類而發生。惟土壤乾時，其分子縮小所生之力為最大。故膠質物愈多，則縮小之力愈強，而黏着性愈大，土壤之凝聚性與黏着性之大小，不特有關土壤透水通氣之良否，而對於耕作亦極關重要，苟耕作非時，則不特耕作不便，而於土壤之組織必更形惡劣。如黏重土壤，其土粒既細，膠質物亦多，凝聚性與黏着性自大。若耕時過濕則成混土。耕時過乾則成土塊，混土與土塊，均為土壤之惡劣組織，有礙植物之生育。惟砂質土壤，即耕時過乾亦無土塊，以其黏着性較少故也。耕時過濕亦無混土，以其凝聚性較少故也。

第四節 土壤水分

水分對於土壤之關係，至為密切，蓋由岩石風化，至土壤之生成，所經過各種變化，鮮有不為水所造成者，及至土壤生成之後，水分未曾於頃刻之間，與土壤完全分

離，而土壤所含水分之多少，非僅足以影影土壤之物理，化學及生物情形，且可決定植物之種類及其生長情形也。

一、土壤水分之種類

土壤水分可分為吸濕水，微管水，滲透水三種。

(1)吸濕水 吸濕水又名凝聚水，即在土粒表面凝聚，或吸收之水分也。土粒皆有吸收水分之功能，故不論在氣候亢旱，雨水稀少及土中毫無水分供給之時，而土粒表面，必固有一薄層之水膜，此水膜乃吸自空中之濕氣而成，故謂之吸濕水。吸濕水之構成，半由土粒吸引水分之力，半由水之分子互相吸引之力使然。土壤吸濕水之多寡，依土壤之結構，土壤有機物之含量，濕度，溫度等情形而有所不同。土壤之粒愈細，含有機質多，而空氣濕度大，溫度低時，吸濕水量大，反之則吸濕水之量小。據黑爾格得氏謂吸濕水對於植物之效用，(1)土壤之吸水力大者，可於潤濕之空氣中，吸收大量之水分，而於缺雨或乾旱時，維持植物之生命，而對於沙漠植物，或可維持其生長。(2)大量吸濕水之保存，可調節土壤溫，使不致於氣溫高時，昇至能傷害植物之程度。

(2)微管水 微管水即毛細管水是也。為一較厚之水膜，位於吸濕水之外層，不為地心吸力所牽引。當土粒表面之吸濕水膜遇水量增加，達此膜飽和後，即成微管水。此水能移動，可為植物利用，故土壤中此種水分頗重要。此水之所以能流動，由於表面張力。表面張力發生於分子力之作用。一滴之水中其所含之分子，互相有相等之引力，故可自由運動，微管水離土粒中心較遠，所以不易為土粒所緊握，而能流動，可為植物利用。微管水之含量，亦因表面張力，土壤之結構組織，有機物之含量等情形，而有不同。表面張力大，則微管水多，表面張力小，則微管水少。土粒愈細，其微管水亦愈多，土粒愈大，則微管水亦愈少。土壤組織過鬆，空隙太大，微管水量減少，土壤組織過緊，空隙太小，微管水不易存在，其量亦少。土壤中有機物增加，則組織佳良，微管水量亦增。微管水之流動，係微管作用，土粒間之微管水膜厚薄，各處不同，其水膜厚處，每向水膜薄處流動，使各處水膜平均，而成平衡狀。

(3)滲透水 滲透水又名重力水，毛細管水水膜加厚，卒至其水膜之張力不能敵地心吸力時，遂向下流，是為滲透水。此水不特不為植物所利用，且積存土

中，足使土溫降低，適氣不良，阻礙細菌之繁殖，變劣土壤之理化性質，每使土中有效養分，多歸無效。惟微管水缺乏時，則滲透水必上昇，而變爲微管水，以供給植物之需用。土壤中滲透水之多寡，與土壤空隙及微管水有關。土壤空隙多，則滲透水少；微管水多，則滲透水少。

土壤中除上述三種水之外，又有地下水及化合水兩種。地下水爲滲透水至不能再滲透之一層，遂以停滯土內，成爲水位，是曰地下水，地下水過高，則表土潮濕，溫度特低，對於植物生長不利，地下水過低，易罹旱害，化合水者，乃水與土壤成分化合之水也，土壤各種成分中之水，皆爲化合狀態，如含水碳酸鹽類水酸化鐵等，即含水分之化合物也。

二、水與植物生長之關係 植物之體內，含水分在百分之六十至九十以上，而其於生長期內所蒸發之水，可數百倍其所含者，如此大量之水之保存與消耗，必有重大意義，茲分述如下：

(1) 水爲植物生長之養料 根部吸收之水與葉部吸收之二氧化碳，藉日光之作用，構成碳水化合物。

(2) 水爲運輸植物食料之媒介 土壤成分須先溶於水，始可由植物根吸收葉部所構成碳水化合物，必須變爲糖液，始可由葉部運至其他各部。

(3) 水可調節植物之體溫 夏日天氣炎熱，植物賴水分之蒸發，以減低氣溫，蓋一公分之水蒸發，可帶去587 熱單位也。

(4) 水可維持植物之漲壓 植物細胞，全賴水分以維持，其堅漲狀態，水分不足，則植物凋萎，生長停止。

(5) 水分限制植物之種類 因需水量之多寡，可分爲三種，即水生植物，中生植物，與乾生植物是也，如每種植物改變其生長環境，皆足以致死。

(6) 水分限制植物之產量 水分供給量適當時，可增加植物之產量，美國猶塔州試驗場曾作小麥灌溉試驗，而得以上之結果。

(7) 水分限制農業之性質 因每年雨量之大小，而區分爲畜牧農，灌溉農，旱農，特作農。

三、水與土壤之關係 水雖不爲生成土壤之因子，但土壤生成之後，受水之影響而變動其物理，化學及生物性質，今述其關係如下：

(1) 土壤物理方面 a. 粗大土粒之崩解。 b. 細微土粒之保護。
c. 冲刷表土。 d. 滲洗細粒土壤於下層土中。 e. 影響土壤構造。 f. 影響土壤之空氣量。 g. 影響土壤溫度。

(2) 土壤化學方面 a. 分解土粒 b. 灰土化作用。 c. 磚紅土化作用。
d. 移運鹼質。 e. 促進土壤成分之溶解。

(3) 土壤生物方面 a. 水為微生物之食料。 b. 水可自於微生物之活動。

四、植物之需水量與植物之凋萎。

(1) 植物之需水量 植物於生長之時，每組成一重量單位之乾物質，所需水分之重量單位，謂之植物需水量，土而蒸發，及地下滲透，均不在其內。在雨量多之地方，植物需水量二百至五百，旱地方之植物，其需水量較雨水地方，約大一倍。需水量之測算頗難確定，以其感受各種要素之變更無定。不易防制也。如作物之種類，作物之生長期，其需水量因之不同。他如雨水，溫度，濕度，日光，風力亦影響植物之需水量。土壤中之水分，土壤之結構，土壤之肥沃度亦與需水量有關係。

(2) 植物之凋萎 作物需要之水分，全賴土壤中微管水之供給，苟微管水之供給不足以應作物需要，則作物發育停止，漸形凋萎。故土壤中之物理性質不良，或含水分過少，或水分之流動過緩，作物均有凋萎之虞。植物凋萎有暫時與永久兩種。暫時凋萎者，由於植物水分之蒸發過盛，而植物吸收之水量不足以補蒸發之缺，即致凋萎，若其後復得多量水分之供給，亦能恢復原狀。永久凋萎者，即死之變名也。植物至凋萎時，即有多量水分之供給，亦無復活之可能。

第五節 土壤空氣

土壤乃多微隙之物體也，除去固體物佔有半數外，所有空隙，即為氣體與液體所充塞。緊密之土壤，常因空氣不能流通，而傷害作物。多含水分之土壤，常因空氣之不足，而使作物失敗。若土質愈鬆，空隙愈多，空氣之流動愈易。

一、土壤空氣之成分 土壤之氣體，常無一定之成分，與空氣中氣體略異，大概土壤中氣體，其氮氣較空氣中多，氧氣較空氣中稍少，他如水蒸氣，阿摩尼亞，輕氣，硫化氫，沼氣等等亦較空氣中多，茲將英美德三國測驗土壤中空氣平均成分

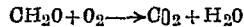
列表如下：

國 別	氣體成分及百分數		
	CO ₂	O ₂	N ₂
德 國	0.20	20.60	79.20
美 國	0.20	20.40	79.40
英 國	0.25	20.65	79.20
空氣中	0.03	20.92	79.00

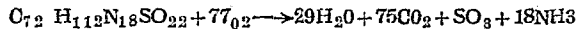
二、土壤空氣之效用 (1) 種籽之發芽與根部之呼吸 種籽於發芽之時，必須吸收養氣以養化其儲藏之碳水化合物，潮濕土壤，種籽發芽不良，即空氣缺乏故也。植物與動物同，吸養氣而呼二氧化碳，以培植液而生長植物時，常見植物之根部，頗欠發達，以其缺養氣故也。

(2) 礦物之分解 空氣中含有少量之二氧化碳氣，溶於水則成碳酸，可使土壤中所含養料之礦物，變成碳酸鹽，溶解於水，可為植物吸收利用。

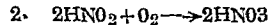
(3) 土壤細菌之作用 土壤中有有機物腐爛細菌，可氧化碳水化合物而發生二氧化碳氣。



酸化細菌可將蛋白質變為酸。



硝化細菌將酸變為硝 1. $2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$



此種化學作用，皆氧化作用，而此氧氣之來源，乃取諸土壤空氣，倘空氣缺乏，則生養化還原作用毒害植物。

三、土壤空氣之流動 大氣與土壤空氣，時常交換，而土壤空隙中之空氣，亦時常流動。可將二氧化碳氣及水氣排出，使新鮮空氣侵入，此種作用，與生物呼吸作用，頗相類似。其所以能如此者，乃由於下列數端。

(1) 土壤水分量之變化 土壤空隙若為水分所充塞，則氣隙少，而流動作用亦少。降雨之後，水分佔據土壤之孔隙，故使土壤空氣向外流動。雨止之時，重力水向下流動，空氣即隨之而入土壤中，又如水分之蒸發，亦可牽動空氣流動之

作用。

(2) 溫度之變化 溫度變化，可使土壤空氣膨脹或收縮，空氣收縮，則必流動。

(3) 氣體交流 土壤空氣與大氣之成分，有極大之差異，為維持二者之平衡，故起交流作用。

(4) 氣壓之變動 氣壓低時，土壤空氣即向外流動，氣壓高時，大氣即向土壤內流動，而使土壤內外空氣密度相平衡。

第六節 土壤溫度

植物之滲透作用與消化作用，皆受物理上與化學上定律之支配，而此物理與化學之定律，又受溫度因子之支配，故土壤溫度關乎植物之生長。又如土壤本身、空氣、水分、植物食料之移動，土壤成分之溶解、氧化、水化、鹽基交換等作用，以及有機物之腐爛、氨化、硝化等之進行，莫不受溫度之影響，因而土壤溫之研究，乃為土壤中一重要問題。

一、土壤溫熱之來源 土壤溫熱之來源，不外太陽、星球、地心熱土中有機品之分解及濕潤熱五種，但此五者之中，以太陽熱為主要。

(1) 太陽熱 太陽熱對於土壤有直接與間接兩種作用。直接作用即太陽直接照射於土壤所生之熱。間接作用，即太陽光熱由空氣傳導於土壤。

(2) 星球 星球所生之熱極微，使土壤之溫度變化較低。

(3) 地心熱 由地球內部所發生之熱謂之地心熱，對於土壤之溫度影響亦微。

(4) 有機物之分解 有機物分解時，常發生熱力，故馬糞可作溫床，即其例證，瓦格勒 (Wagner) 氏謂每英畝施厩肥二十噸，平均可增高華氏表一度。

(5) 濕潤熱 在乾燥土地受水分濕潤後，所發生之熱力，謂之濕潤熱，在土壤缺乏水分時，一遇土濕即發生此熱。

二、土壤溫之效用 (1) 對於植物生長方面 低溫度不能使種籽發芽，根部不能生長。高溫度之影響亦然。各種植物種籽發芽時，需要一定溫度，此溫度稱為發芽溫，各種植物之播種期，皆由發芽溫而定也。各種植物之生長，須溫度在華氏 40—50 度，始可開始生長，生長最速之溫度為 80—90 度。由生長最低溫度至生長

最高溫度，此間溫度，謂之植物之生長溫。

(2) 對於土壤之自身 良好土壤，應於植物生長期內，時常有物理及化學作用，以供植物食料之要求，及造成良好之土壤物理狀態。在供植物食料方面，如土壤水分及溶液之移動，礦質植物食料之溶解，團粒之構成，皆與土壤溫有密切之關係也。

(3) 對於土壤生物方面 寒帶土壤中概無生物，冷溫帶之土壤中，可有下等動植物生長，溫帶與熱帶之土壤中，常可棲息不可計數之動植物，此土壤開乎動植物之生存也。如土壤中微生物，各需一定之適當溫度。硝化細菌約在百度表三十度，硝化細菌，氮氣固定細菌約在百度三十五度。細菌之繁殖以春秋為最發達，即此故也。

三、土壤熱之吸收及放散 (1) 土壤熱之吸收 土壤能吸收各種熱力，凡熱力傳及於土壤，由土壤吸收以增高溫度，在夏季熱力強時，於二十英寸厚之土壤，每小時能增高土溫華氏二十度，在太陽熱力微弱時，土壤所吸熱量亦少。此種吸收熱量之多寡，與土壤之色澤及土面方向關係密切。黑色土壤反光弱，吸收熱量多。白色土壤反光強，吸收熱量少。如土面之傾斜度對於太陽射線成直角，則吸收熱量必多，即土面之傾斜度與太陽射線所成之直角愈近，則吸收量愈多，其土面之傾斜度與太陽射線成鈍角，所吸收熱量當少。故土面之傾斜，以南向，東南向及向南向為優也。

(2) 土壤熱之放散 土壤熱之放散，起於土溫比氣溫高，若土溫比氣溫愈高，則熱之消失愈多。此種土壤熱之放散，由於熱之傳導，輻射及蒸發作用而成。

a. 輻射 太陽光射於地面，土壤吸收其熱力，此熱力由於天氣生成之波動，復散於空氣中。而土壤及消失一部熱量。防止輻射作用之方法為使土壤疏鬆，或栽植作物，或蓋以遮蔽物。

b. 傳導 熱由一物體傳於他物體，而不得影響物體之位置，亦不使物體振動，即謂之傳導。若土壤含礦物質多，則易於傳熱。土面下之溫度，大部分由於熱之傳導作用而來。土壤結構愈細，則熱之傳導力愈弱。土壤中有機物多之傳導亦弱。土壤水分多，傳熱力強。

- c. 蒸發 水分蒸發，必須消費熱力。土壤中水分蒸發，則熱力減少，熱力減少，則土溫降低，故土壤水分愈多，蒸發作用愈強，而土壤熱量之損失亦愈多。
- d. 對流 氣溫低時，土壤溫下降較緩，故土壤空氣之溫度較高，於是向外流動之空氣，必帶土壤而出。

第七節 土壤有機物

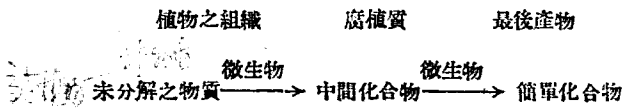
土壤與岩石風化所生成之碎屑之異點，即在其含有有機物也。故有機物為土壤組成成分之一，不特作物生長所必需，而對於土壤之理化性質及微生物學種種性質，殊關重要。

- 一、土壤中有機物之來源 土壤中有機物之來源，由於岩石分解。而有機物之來源，由於生物體之腐爛。據一般人觀測，當岩石初風化時，即有不需有機質之下等菌類生長。此種菌類遺體積存愈多，而稍高等植物亦漸生長，於是植物之根莖葉腐敗於土中，乃成為土壤中之有機物。
- 二、土壤中有機物之分解 土壤中有機物之分解，乃使複雜有機化合物變為簡單有機化合物，以供植物之營養者也。有機物之分解，因空氣之存在與否，可分為二種，曰養化分解及還原分解。

(1) 養化分解 在通氣良好之土壤，有機物藉養氣之力，而行養化分解。分解時不發生惡臭，其分解產物為，二氧化碳，水及阿摩尼亞等物。此作用多由於好氧菌之作用而起，好氧菌發育良好，則分解作用進行良好。

(2) 還原分解 在通氣不良，或空氣斷絕之土壤，不需養氣而有有機物所起之分解作用，明為還原分解。分解時發生惡臭，其分解產物為二氧化碳，沼氣，淡氣，硫化氫及二氧化氮等。此作用由於嫌氣菌所起之分解作用。

有機物之分解，乃一種化簡作用，其分解程序，可分為三級，由未分解之有機化合物，經一種微生物之作用，變為中間化合物(腐植質)。此化合物更為複雜，植物多半不能利用，必須再經他種微生物之作用，分解成為簡單之化合物，植物方可利用。



三、腐植質 土壤有機物之重要部分或有效部分，即腐植質。所謂腐植質者，為半腐爛之有機物。其物理性為黑色或棕黑色之膠體物，而其化學性，則為極不易研究之複雜化合物也，據施薄倫蓋耳氏用化學方法，取得腐植質酸而定其性質如下：

(1) 化學性 a. 低微之水溶性 b. 含副電性 c. 與鹽基化合生成鹽類 d. 與碳酸鹽化合，即放散二氧化碳氣，而與矽酸鹽化合即放散矽酸 e. 可與黏土及氧化鐵化合。

(2) 物理性 a. 乾後現亮黑色 b. 易碎為細末 c. 吸水力甚大

腐植質因所含之成分不同，而分為含氮腐植質及不含氮腐植質兩種，後者不如前者在農業上之重要。其含量在空氣不流通之地，生成特多，牧草地較耕種地為多，黏重土較輕鬆土為多。

四、有機物對於土壤之影響：

(1) 物理上之影響 a. 有機物可使土壤比重變小 b. 有機物可使土壤細粒擴張，容積增大 c. 有機物可使土壤鬆軟 d. 有機物可使植物根易深入土中 e. 有機物可使砂土互相黏重 f. 有機物可使土壤多起團粒組織 g. 有機物可使土壤之溫度增加 h. 有機物可使土壤容水量增加 i. 有機物可使土壤之耕鋤佳良。

(2) 化學上之影響 a. 有機物可使土壤中毒性減少 b. 有機物可增加土壤中之澆素 c. 有機物可增土壤中養分 d. 有機物可增加土壤之吸收力。

(3) 微生物學上之影響 a. 有機物為微生物之養料 b. 有機物能促進微生物之發育。

以上為有機物對於土壤之優點，但在氧氣供給不足時，則分解不佳，產生有毒之中間化合物，防礙植物之生長，阻礙微生物之發育，並有使土壤變成酸性之虞。

第三章 土壤化學

第一節 土壤養分

一、土壤成分與土壤養分

土壤成分 土壤中成分為無機與有機兩種 (1) 無機成分 自福郎塞斯厚謨 (Francis Home) 氏引用化學分析方法而研究農業以來，土壤分析結果即逐漸增加。惟舊時農業化學家之惟一目的，在依分析之結果，而解決植物養料及施肥等問題。而於土壤完全成分之探討，乃近一二十年來方為農業化學家之注意也。因土壤生成情形極為複雜，且所處環境各不一致，故其完全成分之類別及含量，因地而異也。茲據美國六個土壤省之土壤化學成分分析結果，得結論如下：A、各種成分含量不一致，不論何種土壤中，皆以矽酸為最多，此乃由於石英之不易風化，故損失甚少。次多之成分為三氧化物（指三氧化鋁及三氧化鐵而言），其量之最高者，不及全量之百分之二十，而矽酸與三氧化物之量可佔全量之百分之九十五以上。B、為每種成分含量之不一致。不論何種成分，雖於一個土壤省中，亦可有極大之差異。C、為植物食料成分之微少。除鐵外，凡為植物食料者，為量皆低，而以氮磷鉀三者為最低。D、為土壤成分之複雜，據分析之結果所舉之成分已近三十種之多，然尚未盡括土壤所有之化合物也。雖然土壤化學成分極為複雜，而與植物生長最有關係者，亦不下數種而已，如下表所示：

金 屬		非 金 屬	
1. 鋁Al	2. 鉀K	1. 氧O	2. 矽Si
3. 鐵Fe	4. 鈉Na	3. 矽Si	4. 磷P
5. 鎂Ba	6. 鈣Ca	5. 碳C	6. 氮N
7. 錳Sb	8. 鎂Mg	7. 硫S	8. 氟F
9. 鉻Cr	10. 銻Mr	9. 氫H	10. 硼B

(2) 有機成分 土壤中有機成分，以植物之遺體及由人工所用之有機肥料，如廐肥，綠肥，堆肥為主要之來源，而以土壤生物及動物之遺體為次要者。且動物之遺體為量甚微，分解甚易，故土壤有機成分之研究，多偏近於植物體。土壤中有機成分約分下列三類存在。

A. 糖類 糖類包含易於分解之糖類及澱粉，較不易分解之纖維質及極不易分解之木素。糖類之成分為 $C_6H_{12}O_6$ ，而澱粉與纖維質等以 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 式代之。蓋此種化合物，皆為多數 $C_6H_{12}O_6$ 分子去水結合而成。木素存在於木質中，細胞之組織中亦有之。

B. 脂肪與臘 植物化合物中，以碳氫氧三元素所化合而成，但不屬於糖類者，尚有脂肪與臘質。脂肪為脂肪酸與三個 $O-H$ 原子團之醇化合而成之酯。而臘質則為脂肪酸與一個 $O-H$ 原子團之醇所化合而成之酯。脂肪存於種籽或其他食物儲藏處。臘質附於果實或葉之表面。

C. 蛋白質及其他含氮化合物 蛋白質為有機化合物之含有碳氫氧氮及硫者，乃植物原形質之實體。鹼基酸結合而成蛋白質，普通以 $R-CH_2NH_2 \cdot COOH$ 代之。蛋白質分解後，可為土壤微生物之食料。含氮化合物在土壤中被重要者，為來西生 $Leicithin$ 與尿素二種。來西生得之於種籽中，尿素為肥料及人糞尿中常有之化合物。

土壤養分 土壤養分者，即土壤中成分可為植物利用之謂也，其存在之狀態與大對於植物生長之關係分述如下：

1. 氮 氮在土壤存在之狀態，大部為有機態，其無機態為阿母尼亞態，硝酸態，亞硝酸態，其與植物生育上之關係如下：

a. 氮素為葉綠素之成分。 b. 氮素為構成蛋白質之原料。 c. 氮素適量存在，植物生長繁茂，過多則易罹病蟲害。 d. 氮素供給適宜收穫量增加，過多則收穫期延長，並影響其品質。

2. 磷酸 磷酸在土壤與鈣、鎂、鐵、鋁等相化合而存在，磷酸存在於植物體之細胞核中，其與植物生育上之關係如下述：

a. 缺乏磷酸時，葉綠素減少。 b. 為種子發芽時之養料。 c. 與蛋白質之生成及澱粉之轉化有密切關係。 d. 可促進種實之成熟及品質之向上。

3. 鉀 鉀在土壤中主為碳酸鹽與鈉共存，此外與有機物亦常結合。在乾燥地帶成為碳酸鹽，氯化物，硝酸鹽等而存在，其與植物生育上有下列之關係。

a. 鉀有促進同化作用之機能，故鉀之含量與碳水化合物生成上有關係。 b. 缺乏鉀質時，影響含氮化合物之生成。 c. 鉀可使莖葉堅強，以防倒伏之虞。 d.

鉀有抵抗災害之能力。e.施用鉀區比無鉀區之植物，常含多量之水分。

4. 氯 氯素常與鈉、鉀、鈣等化合而成水溶狀態存在。有助澱粉生成及纖維生長之功，植物在缺氯時，結實不良。氯有促作物早熟之影響。

5. 鈣 鈣為碳酸鹽，磷酸鹽，矽酸鹽，氯化物等形態存於土壤中。其與植物生長之關係為 a.鈣亦為植物之直接養分，如苜蓿及其他科植物等。b.鈣能輔助植物細胞膜之生長發育，而使細胞膜強健，且有促進植物吸收養分之能力。

c.鈣能增進澱粉之運輸，從植物之葉內運到果實或種子，可增加植物製造養分之能力。d.鈣可促進植物根之發育。e.鈣有毒殺病菌之能力，因鈣養分力強也。f.鈣又能中和同化作用所生之草酸及蛋白質生成時所出之酸類。

6. 鎂 鎂與石灰同，為碳酸鹽，磷酸鹽，硫酸鹽，氯化物等狀態存於土壤中，其他在黏土中，亦常為膠質態存在。鎂常存於植物之子實中，在缺乏鎂時，葉綠素不能生成而黃化，大豆則生褐色斑點而枯死。鎂常含於多油之種籽中，似為生成油質之必需成分。

7. 鐵 鐵在土壤中主為養化鐵或氫氧化鐵之形存在，此外鐵之化合物亦有硫酸鹽、磷酸鹽，碳酸鹽，硼酸鹽等狀態。鐵亦為一般植物之組成分，在高等植物缺乏鐵時，則葉綠素含量減少，發生葉綠素缺乏症。

8. 鋁 鋁在土壤中主同碳酸化合而存在為黏土主成分。鋁在植物體中廣為分佈，有人謂少量之鋁為植物之必需成分。

9. 硫 硫與鈉、鉀、鈣、鎂相化合成硫酸鹽而成在。硫為植物必需成分之一，在缺乏硫時，大豆葉上生黃色乃至褐色之斑點，根變褐色，烟草亦發生黃化。此外蛋白質之合成，亦為必要之成分。據戴門得氏之試驗結果，指明硫酸鹽可增加多含蛋白質之植物的產量。

10. 碳 碳為土壤中含量最多之成分，成無水碳酸鹽及碳酸鹽狀態存在，在植物生長上，一方關係澱粉之生成，一方似為磷代用作用，但不為絕對之必需成分。

11. 鈉 鈉為碳酸鹽，碳酸鹽，氯化物，硝酸鹽，硫酸鹽，磷酸鹽等狀態存在。在植物體中各部均有之，但不必需，亦有中和酸類之功用。

12. 錳 錳為氧化物、氫氧化物，磷酸鹽，硼酸鹽，碳酸鹽之形存在，錳在

植物體中，刺激酸化酵素，而促進其作用。

二、土壤養分之測定

(1) 完全分析 完全分析者，分析土壤所含化學成分總量之謂也，與植物生長需要量關係尚少。其法先以 Na_2CO_3 、 K_2CO_3 溶化土壤，作成溶液，再以普通定量法定 Al, Fe, Mg, Ca, P, Mn, S, Si, 以 NH_4Cl 或 CaCO_3 溶化土壤，以定 K, Na 之含量，將土壤中成分完全分析，以反分率表示之。

通常作完全分析，亦有用比重 1.15 濃鹽酸，在三角瓶內，浸表一定量之風乾細微土，約一小時後，濾過、洗滌。濾液中加少量之濃硝酸蒸發至乾涸，再加濃鹽酸繼續蒸乾，俟再熱水溶解後呈透明溶液止，然後濾過，濾液作成一定之容積。以供鐵、鋁、鈣、錳、鎂、磷、硫、鉀及鈉之檢定。濾紙上之殘渣，為溶解於濃鹽酸之矽酸。

完全分析之結果，可推定土壤化學成分之含量，而對於植物生長，關係尚小。

(2) 部分溶解 a. 1% 枸橼酸浸出法 Doue 氏，根據其集合二十科約百種植物檢驗其根汁之酸度，平均相當於 0.91% 之枸橼酸之事實，乃將 2.00 克風乾土置於大玻璃瓶中，加 $1/100$ 枸橼酸水溶液 2 公升，在攝氏 15 度浸漬一週，並時加振盪，濾過，就濾液中以定磷鉀之含量。

b. $\frac{N}{5}$ 鹽酸浸法 取定量之風乾土，置一公升之瓶中，加 500cc, $\frac{N}{5}$ HCl，在攝氏 40 度之水槽內保持 5 小時，以乾燥濾紙濾過。濾液加硝酸數滴，蒸發乾涸，照常法分離碳酸，濾液加阿母尼亞使磷沈澱濾過，沈澱依銀酸法定磷，濾液照常法定鉀量。

c. 用 1:5 之硝酸溶解土壤，作成定量溶液，照常法以定磷鉀之含量。

d. 水浸法 用水溶解土壤，而定其磷鉀養分之含量。但水浸洗過多，則有一部吸着之養分，亦被浸出，故所作各成分之含量較多。

三、土壤養分之消失

土壤養分之消失，約有下列數端：(1) 作物之吸收作物生長所需養分，全賴土中養分之供給。土壤養分之愈多，生長愈盛，生長愈盛，則所消失之養分愈多，惟此消失養分雖多，仍屬有益，農家栽培作物，正宜促進此種產分消失焉。

(2) 排水 排水之消失，為無益之消耗。其最易消失之成分，為鈣鎂，鉀鈉等之鹽基類，其次為硝酸鹽，硫酸鹽類。以磷酸及阿母尼亞消失為最少。一般土壤在施肥後，其排水消失量增多。

(3) 揮發作用 如硝酸還原作用，有機物分解及水分蒸發時，常將易揮發之成分而消失。

(4) 奔流 雨水多時，奔流地面，挾帶養料以俱去，其奔流愈急則養分之消失量亦愈多。

第二節 土壤膠體物

一、膠質物之特性

自然界所包含之物，多半為膠質狀態而隱存。故僅以結晶化學之研究為表現自然界之現象者，實有缺憾。近來許多科學家，深信大部自然之現象，非用膠質化學之研究，難得圓滿之解決。土壤為孕育萬物之母，當亦不在例外。

於近世化學家之研究，液體分為真溶液及膠體溶液兩種。真溶液能滲透半透膜而膠體溶液則不能滲透也。糖與水成真溶液，而澱粉與水則成膠體溶液。生成真溶液之物質皆為晶體物，而生成膠體液之物質為膠體物。所謂膠狀物者係一種物體（氣體，液體或固體）在他一物體內分佈極為細小，但尚未達分子（1分子 = $\frac{1}{1000}$ 之膠粒）狀態時之一種膠質物也。膠質物之特性，約有數端（1）膠體之電性 膠體一若電解物，懸於水中之後，膠體粒即負有電性。例如通電流於 $4s_2S_8$ 之懸液，經短時間後， $4s_2S_8$ 膠體粒即集於陽電極。證明其所負者為陰電。若同一方法處理 Fe_2O_3 之懸液，則膠體粒向陰電極而集合，證明其所負者為陽電。膠體粒所負之電性為有定的。土壤膠體普通為負陰電。

(2) 膜分作用 若以膠體物與結晶體并含之液體置於瓶中，瓶口張以半透膜（羊皮紙）將瓶置於蒸餾水中，結晶體物即向外滲出，而膠體物則留於瓶中，因而二者分離。

(3) 吸收作用 若使鹽類之溶液滲過膠體物，如排水之滲過土壤層，溶液中之某種離子即留於膠體中，或被膠體所吸收，膠體吸收離子之作用有選擇性，即被吸收之離子的種類與量，依膠體之種類與量而定。

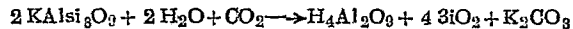
(4) 沉澱作用 膠體於成懸液時，若施電解物於膠懸液中，膠體可逐漸

洗滌。於洗滌後之膠體中，施以與該物相同電性之離子，則此膠體復分散。

二、土壤膠質物之種類

膠質物由有機物腐敗而發生者謂之有機膠質物，由礦物分解而發生者，謂之無機膠質物。有機膠質物，又名腐植膠質物，其成分之變化頗複雜，研究頗難，其種類亦繁。如砂糖，澱粉，腐植質，純膠，洋菜，蛋白，數種細菌及單寧酸等是其吸收氣體液體及固體（鈣，鎂等）之力，均較無機膠質物為強。

無機膠質物除矽酸及水酸化鐵而外，其餘大多化合複雜，此種研究，較有機膠質物之研究為多。若在黏質土壤，則水化矽酸鋁（ $H_4Al_2Si_2O_9$ ）含量亦富茲舉一例，以明其概。當長石受水及碳酸氣之作用時，即能生成。



三、膠質對於土壤之影響

(1) 增加土壤之吸收力 膠質物具強大之吸收力，可以吸收任何狀態之物質。故膠質物多之土壤，非特保水力獨強，而氣體及固體質之吸收亦多。一般膠質物喜吸收鹽基性物，而不喜吸收酸性物，如施用硫酸銨（ NH_4 ）₂SO₄ 於土中時，則土壤多吸收銨分，以應植物之生長，而將酸根遺留。

(2) 觸媒作用 土壤中之化學變化，時常進行，但反應速度甚緩若觸媒加多，速度乃增。膠質物者，乃促進土壤反應速度之觸媒物也。正如取養氣時加MnO₂作觸媒劑相同也。

(3) 對於空氣及水流動之關係 土壤中空氣及水分之流動，與膠質頗有關係。土粒細，空隙小之土壤，其膠質物之生成，足以阻礙空氣微管水之流動。惟土粒較粗，空隙較大之土壤則否。

(4) 增加土壤之凝集力及黏着力 膠質物具有凝結性質，故土壤中膠質物增多，對於土壤之凝集力及黏着力同形增加。砂土質輕而疏，因膠質凝結之力，可凝合各單粒土粒，而成佳良之團粒組織。黏土則質重而密，不特無益，反而有害。

第三節 土壤溶液

一、土壤溶液之要義

土壤溶液者，乃土中之水與諸種無機及有機物質混合而成之液體物也。植物

類此以作養料，否則任何養料植物不能吸收，蓋植物吸收養料，不能取自固體，必待溶解後方可利用也。

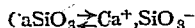
1. 水之溶解力 不論何種礦物及岩石，皆可多少溶解於水中。據包伊妮克斯氏研究之結果，謂礦物及岩石之溶解度與水成反比例。若以水滲洗岩石及礦物，則其溶解度，起始甚高，繼則減低。

水分溶解土壤之第一步變化為生成複雜之化合物，而水分在此之作用，可為直接的。或間接的。直接作用為其與土壤成分化合為一體，而間接作用，為其接觸作用，例如一新鮮之矽酸鹽礦物，於未解放其所含之鹽基元素之前，首先發生加水分解作用，而繼之以水化作用。土壤水分，不論何時，皆非純粹之氧化氫，其中必溶解不等量且極微末之二氧化碳氣及其他酸類如硫酸，硝酸，鹽酸及腐植酸等，皆可使土壤水增加溶解度。

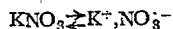
2. 土壤溶液中之成分及濃度 土壤溶液所含之成分，種類甚多，依其性質可概分為兩類，即鹽基性成分與酸性成分是也。鹽基成分以鉀，鈣，鐵，鎂，鋁，鈉，及銨等為最普通。酸性成分，以矽酸，磷酸，碳酸，鹽酸，硫酸，硝酸及亞硝酸等為最普通。其濃度亦隨各種情形而有不同，普通均甚稀薄，除乾地鹼性土壤外均少過每百萬分之三萬。惟土壤溶液稀或濃，全係上述成分存量多少而異。據摩爾根（Morgun）氏所研究，在不同之乾土，鉀成分自每百萬分之四至一八〇，磷自每萬分之〇·二至四·六，鈣自每百萬分之六至一千。故各成分存在之多或少，因土壤之種種情形而不同。

二、土壤溶液之變化

土壤中各種成分，無論其為礦物質或有機質，皆為電解物。如矽酸鈣可電解為兩種伊洪如下：



若於矽酸鈣溶液中，加入硝酸鉀電解物，則電解為鉀及硝酸



故此溶液中有， CaSiO_3 ， KNO_3 ， Ca^+ ， K^+ ， NO_3^- ， SiO_3^- 。鈣復與硝酸生成不電解之 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ，鉀與 SiO_3^- 生成不電解之 K_2SiO_3 。因此鈣伊洪與 SiO_3^- 伊洪因生成硝酸鉀及矽酸鉀之故，伊洪逐漸少。其電解之矽酸石灰及不溶解之矽酸間，失其平衡

為保持其平衡，則磷酸石灰復起電解。如此反復，促進電解度。由此可知於一種溶液中加以不同之電解物，則可增加電解物之溶解度。如於磷酸石灰溶液中，加硝酸石灰亦起電解 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^+, 2\text{NO}_3^-$ ，惟水中亦有鈣伊洪，再加以鈣伊洪，因鈣伊洪過多，遂與 SiO_2 伊洪相結合，而為不電解之磷酸石灰，此種溶液成過飽和而沈澱，與液體分離。由此可知一種溶液中加以相同伊洪之鹽數，則可減少電解物之溶解度。

土壤溶液之變化，極為複雜，且無一定，然其所以起種種變化者，由於二化合物之質量作用所致。故溶液之平衡與否，恒視其成分之相當與否而定。其成分在一定適量時，則變化終止，形成平衡。但事實上在土壤內甚少平衡狀態，蓋其變化永不停止也。

三、影響土壤溶液濃度之要素

(1) 土壤之含水量 土壤水分之增加或減少，對於土壤溶液中所含之各種成分之影響不等。A. 硝酸，及鈣之濃度與土壤含水量成反比例，即水分增加時，此三種成分之量即依比例而減低。B. 磷酸之濃度，雖各種土壤所含之量不等，但皆與含水量無關。似乎土壤水分為磷酸飽和液。若因植物之吸收而減少之時，則可由礦物之溶解以補充之。C. 鉀之濃度與土壤溶液之濃度並相增減，但無比例關係。指明應用性鉀非於一次完全溶解於土壤溶液中，乃一部分溶解而一部分被土壤吸收。

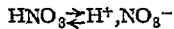
(2) 植物之生長 生長於農田之植物，由土壤溶液中吸收養料，使土壤溶液濃度減低。硝酸幾可完全為植物吸收，其次為鈣與鉀，而鈉與硫酸則吸收甚少。

(3) 有機物 土壤有機物之多寡，與土壤溶液甚關重要。蓋有機物不特直接可以增加土中之有機成分，且有有機物分解時，放出碳酸氣以溶解其他不溶解之化合物，故有機物愈多溶液愈為濃厚。

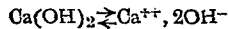
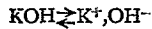
(4) 微生物之作用 植物於生長之時，所吸收之養料，由微生物之作用以補充之。微生物之作用，為生成陰離子，因陰離子之存在，可使等化合量之陽離子生成。由微生物作用所生成之陰離子為硝酸根，硫酸根，及重碳酸根，而所溶之鹽基為鈣與鎂。

第四節 土壤反應

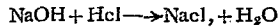
一、土壤反應概說 土壤反應分酸性、鹼性、中性三種。所謂酸性者所含化合物，電解後發生氫素離子者也。如鹽酸與硫酸，硝酸等是也。



所謂鹼性者，即所含化合物電解後發生氫氧離子者也。如氫氧化鈉，氫氧化鉀，氫氧化鈣等。



所謂中性者，即所含化合物電解後，復化合成鹽類與水之謂也。如氫氧化鈉與鹽酸在水中之作用



測定反應之最簡便方法，即以試紙試之，使藍色試紙變紅者，為酸性反應。使紅色試紙變藍者為鹼性反應。使試紙不發生色之變化者，謂之中性反應也。大多數之作物喜生長於中性反應之土壤中，但其中之大部分對於微酸性及微鹼性尚可抵抗而不致受害，僅有少數之作物，必須生長於強酸性或強鹼性之土壤中。

土壤之風化作用的結果，為由礦物中解放鹽基，是以成年少有中和性反應者。其生成於潮濕環境中者，大半為酸性，例如灰土，磚紅土，泥炭土等，其生成於乾旱環境中者，大半為鹼性，可以鹽土及鹼土為例。耕耨與施肥為發生酸性之因子，而灌溉與蒸發為生成鹼土之原因。

二、鹼性土壤

(1) 鹼性發生之原因 A. 岩石 岩石分解，所生之鹼性鹽類，如無雨水溶解而排去，則積存土中而成鹼土。

B. 海水 如海濱土，水分蒸發鹽質留存，成為鹼土，如江蘇及渤海沿海一帶之土壤是也。

C. 鹼水湖 鹼水湖乾涸後而成之土壤，含有氯化鈉及氯化鎂等質故成鹼性土

，如我國青海，西藏蒙古等地多有之。

D. 灌溉與蒸發 乾旱之區，灌以含鹼質之水分，待水分蒸發，鹼質殘留土壤表面而成鹼性土壤。或含鹼成分之土壤，降雨之後溶解於水而滲入地下，待缺雨之時，復藉微管作用，隨水上升水分蒸發，鹼質留存。或低窪之地，為他處之洩水池，水中溶解之鹼質，隨水流而注於低窪之地，至春季風多雨少之時，則水分蒸發，而鹼質亦殘留地面，成為鹼性土。

E. 肥料 久施用鹼性肥料，亦能使土壤變為鹼性，如常用智利硝石，硝酸根被植物利用，鈉存留土中，亦可生成鹼土。

(2) 鹼土之分類

A. 美國學者之分類法

a. 白鹼土 美國農人與學者所謂之白鹼土，實乃鹽土，其所含之鹽類，不以碳酸鈉為主體，且未受沖洗作用，故鈉黏土之鈉，不能與水之氫發生鹽基代換作用。鹽質於乾旱之時，由毛細管水將其移置於土壤之表面，迨水分蒸發後，使土面積白色鹽質結晶體，故以白鹼名之。

b. 黑鹼土 美人所稱之黑鹼土，即鹼化後之鹽土，其主要鹽類為碳酸鈉，有鹼性反應表土成黑色。

c. 棕鹼土 美人稱含硝甚多之鹽土為黃鹼土。硝與有機物發生作用後，即生成一種棕色物質，染土壤為棕色，故以棕色土壤名之。

B. 歐洲學者之分類

a. 俄人名鹽土為 Solontschak。此種土壤即鹽化後之土壤，與美人所謂之白鹼土相同。

b. 鹼土 俄人名鹼土為 Solonetz 此種土壤即鹼化後之鹽土，與美人之黑鹼土相同。

c. 退化鹼土 俄人名此土為 Solod，乃改良後之鹼土。俄國之 Solod 可變為棕色土。

C. 最近學者之分類。

a. 含過度之代換性鹽基量之土壤，但其中之鈉的量與鈣及鎂之量約相等，或較低。此種土壤即美人之白鹼，歐人之鹽土，俄人之 Solontschak

b. 土壤中之代換性鈣與鎂之大部分已為鈉所代換。此種土壤即美人之黑鹼，歐人之鹼土，俄人之Solonetz。

c. 黏土之代換性鹽基為鈣與鎂，且土壤中之代換性鈉之量亦多過量，故有鈉存在，但不能代換鈣與鎂。此種土壤即歐人之退化鹼土，俄人之Solod。

(3) 鹼土對於植物之生長。

a. 鹽鹼質阻止植物之吸收水分 植物根借滲透壓之力，而由土壤中吸收水分。在正常情形之下，細胞汁之濃度，較高於土壤溶液者，是以水分可滲過細胞膜，進入細胞之內部，以供其生長及繁殖之用。若情形與此相反，則細胞汁之水分必向外滲出，其結果則使植物枯萎。

b. 鹽鹼質對於種籽之影響 種籽必須吸收水分始可發芽。在正常情形下，種籽播於濕潤土壤中後，其體即膨脹，其所含之酵素即分解澱粉為醱類。種籽中之汁，因醱類之生成而增高濃度，以促進水分之吸收，於是根與葉得以生長。若置種籽於鹽類溶液中，或播之於鹽鹼土中，則因不能吸收水分之故而不發芽。

c. 鹽鹼質與植物構造之變化 生長於鹽鹼土中之植物，有特別之外表，類似沙漠中之植物，毫無茂盛植物亮綠的顏色與肥大之枝葉。

d. 鹽鹼質對於樹皮之影響 乾旱區，因日光充足，凡能灌溉之處，頗宜果樹之栽培。惟於果園成立之後，灌溉水引鹽鹼質而向上移動，聚積於土壤表面，使接近表土之樹皮，受鹽鹼質之浸蝕，而現腐爛之狀況，其受害較輕者，使枝葉枯黃，其較烈者，可將樹致於死命。

三、酸性土壤

(1) 酸土發生之原因 A. 流失作用 如土中石灰，鉀，苦土等質，於土壤排水時損失特多，則土中酸根缺乏多量鹽基與之化合，於是發生酸性。

B. 植物之吸收 植物生長須用鹽基養分較酸性養分為多，於是土中，鹽基成分減少，酸根增多。

C. 土壤之吸收 土壤中鈣為土壤吸收，與矽酸化合為不溶性之矽酸鈣，此不溶性之矽酸鈣，即失去中和之能力，而增加土壤之酸度。

D. 肥料之施用 如施用硫酸銨，氯化鉀等，鉀銨被植物吸收，而殘留酸根於土壤，再與水素化合而成酸。

E. 有機物之分解 有機物分解，亦可使土壤發生酸性，因有機物分解常產生有機酸及碳酸，以增加土壤之酸性。

(2) 酸土之分類

酸土可分為兩類，曰含酸類與不含酸類是也。此二種酸類，皆具酸毒性不利於作物之生長。含酸類者謂之正酸性，不含酸類者謂之負酸性。

含酸類云者，謂土壤中含有游離酸類，此游離酸類，多為氫伊洪。此氫伊洪於土壤水分過多，通氣不良，則土壤溶液中之可溶性有機酸與無機酸及不溶性酸類與酸性鹽類與水化合，均能發生氫伊洪焉。

不含酸類云者，謂土壤中本無若何酸類存在，乃因鹽基缺少故也。但此種酸性，亦因鋁之有毒鹽基存在而發生。其害較含酸類為輕。在一九一三年阿波特 (Abbott.) 康涅爾 (Conner)，斯摩勒 (Smallay) 諸學者，謂在一種不能生產之土壤必是一種鋁鹽毒質。一九一八年阿威 (Hartwell) 及彭伯 (Pember) 二氏，亦證明氫伊洪對於一種土壤與一種作物，其害較氫伊洪為大。又土壤中之亞鐵鹽類與酸類同濃度時，其害亦較酸類為大。以上因鹽基所發生之毒性，概由於鈣之缺乏，若鈣分增加，其害自減。

(3) 酸土對於植物之生長 A. 游離鐵與鋁之毒性 據李根 (Ligor, W.S.) 與皮愛爾由培植液之試驗結果，證明 IP.P.M. 之水溶鋁即可毒害作物而 PH 4.5—5.0 之土壤中，均可有 I.P.P.M. 之游離鋁存在。

酸土中之水溶性鐵，雖為量甚微，但其若為亞氧化物，則毒性甚大，雖微末之量亦可傷害植物。

B. 鈣之缺乏 土壤之所以能發生酸性反應者，乃由於鹽基損失之過度，而土壤之最易於損失者為鈣。鈣為植物食料之一，又有造成土壤良好物理性之能力。

C. 增加植物之病害，以蔬菜作物為尤甚。

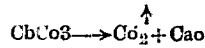
D. 減少植物養料之功效。 E. 易生雜草。

第五節 農用石灰

一、石灰之種類 如廣義言之，凡含鈣成分之化合物，如石膏，磷酸鈣，硫酸鈣，皆可謂為石灰，但普通農用石灰，概指火化石灰（生石灰），水化石灰（熟石灰

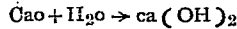
)及碳酸石灰是也。

(1) 火化石灰 (Cao) 火化石灰又稱苛性石灰，即由石灰石經火化煉，去其所含之碳酸氣石成。



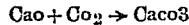
此石灰呈顯著之鹼性反應，可中和一切酸類，易使土中其他不溶性之養分變為有效態。

(2) 水化石灰 (Cb(OH)₂) 水化石灰即熟石灰，由火化石灰遇水分解而成。



此石灰亦呈顯著之鹼性反應，可中和土中一切酸類。農業上亦常施用之。

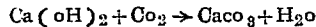
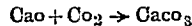
(3) 碳酸石灰 (Caco₃) 碳酸石灰為火化石灰加碳酸氣而成。



此石灰之鹼性反應，不若前二種之大，農業上施用亦廣。含此石灰之種類頗多，分述如下：

A. 碎石灰石 石灰石普通含鈣鎂碳酸鹽類，粉碎後施入土中，砂質土壤，用之更佳。

B. 氣化石灰 氣化石灰係火化石灰或水化石灰吸收空中碳酸氣所成。



C. 泥灰石 泥灰石常存於沼澤之中，含有碳酸石灰。

D. 廢石灰 廢石灰者為工業之副產物，如製革廠，糖廠等，含有雜質，施於土中有害於植物。

E. 碎介殼 如蝶殼，蚌殼等，含碳酸石灰，當此殼破碎後，即良好之石灰質。

F. 碎珊瑚 珊瑚含碳酸石灰量，與介殼約相同。

G. 大理泥 大理泥亦為大理工廠之副產物。

H. 鉛粉 鉛粉亦含碳酸石灰，在歐洲各國亦常用之。

二、石灰對於土壤之關係

(1) 對於土壤之物理作用 砂土每因缺乏膠質物，不能將砂粒結合，故

成散漫之態，如施用石灰後，則有機物與種植之深根之作物，受其粒之結合，以保存水分與免除風之吹動。

酸性土壤中之膠體物，常因電解物損失之過度而成群散之狀態，致使空氣與水分皆不能流通，濕時泥濘，乾時密結，耕均感不便。若施以石灰，則於其變為酸性碳酸鈣之狀態時，即可將膠體物群集，而使土壤成團粒組織。

(2) 對於土壤之化學作用。 A. 減少游離鹽基之為害 在酸性土中鋁，鐵，錳皆成游離狀態，具有毒害作物之水溶性，施用石灰後，使此類鹽基變為不溶性之化合物。

B. 減低鉀素之損失 據莫今台爾 (MacIntire, W.H.) 與亨得利克 (Hendrick, J.) 之所得，施氧化鈣後，排水中鉀與鎂之含量減低，有保存鉀素以備植物吸收之功。

C. 石灰對於磷肥之關係 在酸性土中，如施用磷酸石灰，常與鐵鋁結合變成不溶性之磷酸鋁及磷酸鐵，如光施用石灰則變成較易溶之磷酸三石灰。

D. 促有機物之分解 土壤中有機物藉微生物之作用而進行分解，施用石灰後，可中和土壤酸性以利微生物之工作。

(3) 對於土壤生物之關係 A. 增進微生物之繁殖 微生物之生育，不利於酸性土壤，施用石灰後，細菌數量增加，並利於各種菌類之工作。

B. 有殺滅病蟲害之功 土壤中之微生物，石灰可以殺滅之。病菌喜生於酸性土壤，施用石灰後，則不利其生育，以減少植物之為害。

三、石灰濫用之為害

(1) 使有機物缺乏 石灰利於微生物之發育，可促進有機物之分解，但施用量過多或不施用有機肥料，則有機物分解過盛，終至土中有機物缺乏之患。

(2) 使氮素流失 土中含氮之化合物，藉微生物之作用，變成硝酸狀態，亦利植物之吸取。石灰有促進硝化之功，但施用過多，作用太盛，造成硝酸態之量超過植物需要時，則硝酸有部與水流失。

(3) 使土性惡變 石灰固可使土壤成團粒組織，有疏鬆土壤之功能，但施用過多，有使土壤過於鬆散之弊。且易與碳酸化合物與黏土共同沈澱，使下層土壤硬化。

(4) 使農產物品質變劣 石灰用量過多，則有數種農產物品質變劣，如稻稈硬化，米粒品質亦遜，失去光澤。

第四章 土壤生物

第一節 土壤生物之概言

一、土壤生物之分類

土壤中生物可分兩大類，即大生物與微生物是也。

(1) 大生物 大生物屬於動物者，為啮齒類，爬虫類，昆蟲類，屬於植物者，為大菌，藻類，及植物根等。

(a) 啮齒類 啮齒類動物，如田鼠，鼠兔等，生於土中，穿土為穴能疏鬆土壤，可代耕鋤之功效，而使土中水分空氣得以流通。

(b) 爬虫類 如蚯蚓等棲息土中，以泥土為食餌，泥土通過其中時，所有有機物取之而消化，無機物仍隨糞排洩而出，由是土壤變為疏鬆。此外對於土壤水分與空氣易於流通，使下層土壤翻至上層。據達爾文測驗在潮濕土壤每年每英畝之土壤，為蚯蚓吞食而排洩者，約有十噸之多，又據武尼氏兩地之試驗結果，有蚯蚓存在者，收穫較無蚯蚓者為良好。可知蚯蚓影響於土壤之性質及作物之生長頗著。

(c) 昆蟲類 如蟻，甲虫等其作用雖較蚯蚓為小，但亦有移動土粒以通空氣之功。且能聚集土中有機物。

(d) 大菌 此菌類對於植物有害，使植物木質部發生腐朽。

(e) 藻類 藻類在普通土壤中生長尚少，對於植物生長之關係亦微。

(f) 植物根 植物根生長對於土壤中，當植物收穫後或凋萎時，其根部殘留土中而腐爛，以增加有機物，且根部腐爛後，土中遺有無數小孔，以利通氣透水。

(2) 微生物 微生物可分為四類如下：

(a) 原生動物 如輪虫，線虫等及生長土中之各種細微動物，其存在量隨有機物及水分充足與否而變動。

(b) 菌類及藻類 土壤中菌類普通稱為黴菌。土中大部有機物之變化，

即賴此等菌類之作用。因此等菌類能助有機物之分解。據威可斯曼 (Waksman) 氏謂土中澆素有機化合物所以產生阿母尼亞乃此菌分解纖維質所致也。

(c) 絲狀菌及酵母菌 絲狀菌體形似絲狀，生長極密分佈最廣，草地中常栽植物之土中為多。據馬克勒斯 (McBeth) 氏謂有分解纖維之作用。酵母菌則體細微，成卵狀或球狀，其繁殖由於芽生法，表土中存在頗多。

(d) 細菌為最下等之生物，乃單細胞之分裂菌也，其體極細微，直徑僅 0.001 至 0.002 M.M. 其形狀分桿狀，球狀，螺旋狀三種。其繁殖法為分裂作用，繁衍極速，每二十分鐘，即可分裂一次。土壤中各種微生物以細菌為最重要，作物所以能生長繁茂者，可謂全賴土壤中細菌之作用，蓋細菌能將土中一切有機物及無機物溶解為溶液，以為作物之養料，如土中無細菌存在或生長不旺，則變為瘠薄。

二、微生物生活之要素

(1) 養氣 凡土中之微生物均需有相當之養氣供給，方能生長良好。然亦有在養氣供給不足之地生存者，其需要養氣之細菌，名曰好氣菌，不需養氣之細菌，名曰嫌氣菌，好氣菌能使土中有機物所有之原素與養氣化合，變為植物之養料。并助分解之作用。嫌氣菌能使纖維質變為可給態化合物，又能排除有機物中之養氣。

(2) 濕度 土壤中各種生物，均需有充分濕度始能生存，微生物亦然，倘土壤過乾，則微生物不能生活。濕度大，養氣少，通於嫌氣菌之生存，濕度低，養氣充足，適於好氣菌之生存。

(3) 溫度 微生物能經過寒暖氣候而得繼續生存。雖至嚴冬之際，亦能耐冰霜之侵害而不致死。在華氏 70—110° 時為其生育最盛之時，溫度漸增其生活力漸減，至 130—140° 時，於 10 分鐘，便可殺死。

(d) 有機物 有機物之成分為細菌之食料，細菌能分解有機物，富於有機物之土壤，細菌發育必盛。

(e) 日光 細菌生育最忌日光，如將細菌直曝日光之下，數小時內必死亡，故日光照射強之地，細菌發育不良。

(f) 化學性 酸性土壤不適微生物之生育，中性或微鹼性之土壤，乃為

微生物所厭惡也。

(4) 物理性 土壤物理性質之良否，關乎細菌發育之盛衰，如純黏土或純砂土及排水通氣不良之土壤，皆可阻礙微生物之發育。

三、土壤生物對於植物之關係

(1) 有益方面 土中生物對於高等植物有益者，以微生物為最。如將有機質之搬運工作，有機物之由複雜組織而化簡，以便植物之吸收及利用。其分解之產物，氮氣可直接為植物利用，碳氣及氧氣能助土中無機成分之溶解，游離氮氣微生物有固定之作用。大生物直接或間接對土壤之理化性質有改良之能力。

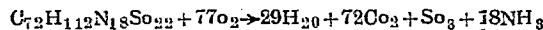
(2) 有害方面 土中生物對於植物有害者，亦以微生物為最。如菌類及細菌寄生於植物體中，有侵害其生育器官者，有能使植物發生病者，如棉花、西瓜、蔗、煙草、茄等之黃萎病，根爛皮傷等症，皆土中微生物所致也。大生物中如原生動物寄生於土壤能傷害植物根部及枝莖，此外亦有傷及其枝葉，花果等部而使植物生長不良或收穫量大減。

第二節 土壤微生物之作用

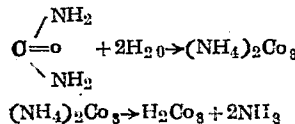
一、微生物對於氮素之作用

(1) 分解作用及腐朽作用 土壤中有機物於有空氣處而分解者，稱為分解作用，於無空氣而分解者稱為腐朽作用。有機物分解後即能為植物利用，且含氮成分能促進植物生長，此種分解作用有賴於統生物之協助。如枯草桿菌，鏈化桿菌等是。

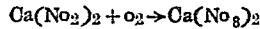
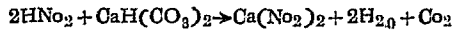
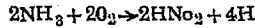
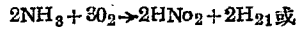
(2) 鏝化作用 凡含氮有機化合物分解時，發生阿母尼亞是為鏝化作用，夫氮素固為植物之養分，但有機物未分解成阿母尼亞態時，植物仍不能利用，且鏝化作用之產物，為硝化作用之物質，使其成為硝酸鹽類。土中鏝化作用，由於微生物中之菌類，藻類細菌類而起。如含蛋白質之物質在土中之分解。



人糞尿中之尿素分解



(3) 硝化作用 含氮有機化合物經硝化作用產生之之鹽類，只有少數作物可被利用，但一般作物皆喜硝酸鹽類。由阿母尼亞經養化作用繼變為亞硝酸，與鹽基化合成亞硝酸鹽類，再經養化而變為硝酸鹽類，此種作用稱曰硝化作用，亦為土壤中微生物之作用，其化學反應如下式



凡細菌能起硝化作用者，即名曰硝化細菌。此種硝化作用分二層變化，第一由阿母尼亞生成亞硝酸，為亞硝酸菌之作用，第二由亞硝酸生成硝酸為硝酸細菌之作用，此兩種細菌之作用各不相同，由此二種細菌之能力始克完成硝化作用，但同時生存於同一土壤中。該類細菌之生活養料大部為礦物性鹽類，如鉀鹽磷酸鹽，石灰鹽等是，在環境適宜時，作用最盛。

(4) 硝化還原及同化作用 由硝酸鹽類還原為亞硝酸，再變為阿母尼亞，或變為游離氮素。還原作用之發生，亦由於微生物之作用而起。如菌類及細菌類均有此作用，細菌類以嫌氣性為多。然如 *B. mycoide* 者，乃分解作用及養化作用之細菌也。倘土壤中空氣不能流通，則變為還原作用之細菌，此乃細菌固有之特性。
B. denitrificans *B. thiosulfatodanificans*

硝化還原作用發生之原因有二，一由於土中空氣不流通。蓋硝化作用之起，必須有氣供給，始能發生變化，而成硝酸鹽類，若土中缺乏養氣，則還原作用隨之向生。二由於土中有機物過多，如用多量廐肥與硝酸鹽混合施諸土中，或以充分綠肥作物耕入土中，因有機氮素化合物太多，則空氣難以流通，於是起硝化還原作用。

同化作用者乃許多細菌及菌類能利用硝酸鹽，亞硝酸鹽及阿母尼亞之機能，能將氮素變化為有機氮素化合物。此等微生物常生存於黑暗地，并須有有機酸或炭水化合物以供給之。

(5) 氮素固定作用 A. 氮素固定細菌 土壤中微生物有能固定空中氮素者，如細菌類，菌類及藻類是也。細菌類普通有兩種一為 *Clostridium*

Pastorionum 乃溫格爾得斯基氏所發見，此種屬於嫌氣性桿狀菌。其固定氮素作用為非共生之氮素固定作用。二為 *Azotobacter* 乃其給林克氏所發見屬於好氣性桿狀菌，生活於土中，須與其他細菌類營共生作用，以固定氮素。此種細菌之發生，分佈甚廣，但亦須土壤各種情況良好。據各學者測驗謂每年每英畝最多者有四十磅，最少者亦有十六磅。

B. 根瘤菌 凡豆科植物，根部常有根瘤寄生，其瘤中有細菌寄生，此種細菌名曰根瘤菌 (*Bradyrhizobium*) 能吸收空氣中游離氮素。當豆科植物生長之際，此菌由其根毛尖端侵入根之內部，致細胞原形質增大，遂漸分裂，而生根瘤。根瘤菌寄居豆根之中，與豆根之運輸組織相近，故得自由吸取其中之糖分，礦物質及炭水化合物以為養料。而蛋白質則不能從豆根中吸取，須自己製造，以製造蛋白質最要之淡素，即得諸空中，將空中游離氮素變為可溶性硝酸鹽類，然後與豆根中所得之養料化合，變為蛋白質。根瘤菌所固定游離氮素變為可溶性硝酸鹽類豆科植物亦得吸收為養料，二者在生活上有相互利用之關係，故名曰共生作用。根瘤菌所固定氮素之量，視根瘤菌之種類與多少及他種情形而定。如根瘤菌多，其固定量當增，有機質及鉀磷肥含量較多，氮肥含量較少時，則其固定氮素之量亦多。普通豆科植物全體氮素化合物，約三分之一為根瘤菌所固定。

二、微生物對於其他元素之作用

(1) 碳 凡一切有機物，均含有炭素物質。土中有機物經化學作用及生物作用分解後，亦有多量炭素化合物產生，以為作物養料。含炭水化合物之動植物質，施諸土中後，即受微生物作用而發生腐朽與分解。其分解炭素化合物之微生物，細菌最要者為 *B. subtilis*, *B. mycoides* 等。其他大菌類，菌類及藻類，皆能使纖維質腐爛，絲狀菌亦有助分解之功能。生成二氧化碳及水分。

(2) 硫 硫亦為植物必需養料之一，有多數植物，非有硫之供給則不能生長。如苜蓿，蘿蔔，甜菜等作物，所需硫之量較磷為多。硫在土中不能直接為植物吸收，必先與其他物質接合，變為硫酸鹽類，植物始能利用。故土中所有之硫，變為硫酸鹽時，必須經微生物之作用，稱曰硫磺化作用，其分解硫化物之細菌，名曰流硫細菌。普通分兩屬即 (1) *Beggiatoa* 含硫絲狀菌。(2) *Thiothrix* 含硫鞘狀菌，兩屬細菌，體內均含有硫磺粒。

(3) 磷 磷亦為植物必須之養料，植物無磷供給，則不能生長。土中之磷，分有機與無機兩種。有機磷酸化合物，植物不能直接利用，必須變為無機化合物。其有機磷酸化合物之分解，亦賴細菌之作用，如*B. subtilis*, *B. mycooides*, *B. Protens vulgaris*, *B. Colicomnuis* 等。無機磷化合物中如磷酸二鈣，磷酸三鈣等為不溶解性者，植物不能利用。細菌有能分泌二氧化碳者，有能分泌酸者，以溶解土中不溶性無機磷酸化合物，變為植物之養料。

(4) 其他礦物質 土中一切有機物，植物不能利用，必須經過礦化作用，變為無機物質，植物始能吸收。惟礦物質之變化。雖受化學或物理作用，但微生物之作用亦為重要。微生物對於礦物質之變化，有直接與間接二種。直接作用，土中微生物有能分解礦物質而變為植物養料。又有細菌，本身需礦物質養料及儲藏礦物質者，迨至死後，其遺體腐朽，亦為植物之養料。間接作用，微生物藉分泌之二氧化碳及酵素，以溶解礦物。

第五章 土壤應用

第一節 土壤之培肥

土壤培肥之目的，即如何可於經濟範圍內維持土壤之生產力，以使農業之基礎鞏固，而成一永久之事業。蓋農業基礎鞏固之後，文化事業始可從事建設，此游牧民族迄今尚未受文化之陶冶者也。

新闢之土壤，其肥沃度固高，而生產力亦大，但因連年耕作受天然與人事之消耗，其生產力必因之大減，終必成為瘠土，故土壤培肥乃屬重要問題。關於土壤培肥之重要工作，約有下列幾種：

(1) 勤於耕耘 耕耘對於農事之重要，早為人知之，故有耕耘即為肥料之稱。茲將耕耘之功用，述之如下：

- A、可以粉碎及疏鬆土壤，使土壤之排水通氣良好，溫度增進。
- B、可以將土面及各種有機物及植物體翻入土中，俾與土壤混合增進其功效。
- C、可以除去雜草及蟲害 耕耘時可將雜草剷去及埋入土中，又潛集草株上之害蟲，亦可隨之殘滅，又凡潛伏於土中者，於施行秋耕或冬耕時可轉至土面，俾其死滅。

D、可以增進土壤之保水力 因耕耘之後，土壤組織變亂，土中微管水不相連結，而減低蒸發。

(2) 植物病蟲害之消滅 土壤適宜之管理，大可減低病蟲之為害。如犁田之時間，土壤翻開之程度，輪種中所含作物之種類，蔥田時期，病蟲害供生植物之去除，及植物殘餘體之燒除，皆為消滅病蟲害之工作。

(3) 植物食料之供給 良好之土壤培肥方法中必須供給植物以充足之食料，如某一元素感覺缺乏，則應施肥以補充之。茲將維持土壤肥沃度之工作大綱，列表如下：

(1) 供給氮素方法為施用：—— 作物殘餘

廐肥

綠肥 { 豆科植物
非豆科植物

豆科作物

氮素肥料

人糞尿

(2) 施用石灰：—— 中和酸性

改良物理性質

供給鈣以作食料

(3) 維持有機物量，節制其作用：—— 充足之植物遺體

維持氮之供給量

維持足量之有效石灰

(4) 維持應用鉀素之供給：—— 有機物分解生成物之溶解作用

廐肥人糞尿與植物遺體

鉀素肥料

(5) 施用磷肥：—— 作為磷素食料

其工作之實施及各種肥料之性質及效果，將在肥料篇述之。茲不贅述。

(4) 輪種 數種作物，依一定之次序輪流種植，即謂之為輪種，輪種之利益如

下：

A、輪種可以調節土中各種養分之消耗，得維持較速之生產力，作物種類不同，而所消耗之養分量亦異，輪種可以調節養分不致偏缺。

B、輪種可以防止病蟲害 某種植物常有某種特殊之害蟲，或病害寄生，如稻之螟蟲，麥之黑穗病，換一作物即不能為害。

C、可以增加土中有機物 良好輪種，以維持土壤有機物成分為一重要目的。而欲達到此目的，以於所用作物中，包含一豆科作物，以作綠肥，為惟一之辦法。

D、可以減少土中毒質之堆積 蓋作物之種類不同，其對於土中毒性之抵抗亦異，甚有一種作物自身分泌之毒質，不利於自身之生長，積久有不能抵抗者，施行輪種則有相當之功效。

第二節 土壤之排水與灌溉

一、土壤之排水

(1) 排水之目的 A、使土壤間隙中，空氣流通良好，而利根之呼吸作用。

B、增加地溫，助長作物之生育。

C、積水多則土壤中養分，因濃度稀薄而減少其效能。

D、為防止易溶之土壤養分隨水而流失。

E、免除有機物之分解，生出有機酸，有害於根部之吸呼。

F、促進細菌之發育，土中水分過多，不適細菌生育。

(2) 排水設計 A、水地測量 凡排水之地面，至少有千分之二·四之傾斜度，即每百米必有二·四米之傾斜。幹渠排水之出口，必比河川溝渠之地面較高。

B、排水量之測定 應調查該地雨量多少，及地下水之高低，然後可算知其排出之水量，以為施行工事之標準。

(3) 排水之方法 A、明渠排水 明渠排水者，於田內隔相當距離（約十至二十尺）開一水溝。其開溝之方法，隨土地之情形而異。總之以諸小水溝會入大水溝，由大水溝排之河港或小溪內。

B、暗渠排水 暗渠排水，亦曰地下水。田之表面，不開明溝，而於地下設渠，使水由地下排出，可免剝食土壤之弊。且地面經濟，工作便利，其

利較多，此種排水，普通多用管爲之，故有管筒排水之稱。

二、土壤之灌溉

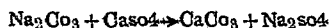
- (1) 灌溉之目的 A、補助雨水分配之不足。 B、需水特多之作物必需灌溉。 C、爲利用水中含有養料而行灌溉。 D、爲增高地溫而行之灌溉。
- (2) 灌溉之計劃 A、地面之高低 測知地面之高低方可從事水源導入之工作。 B、用水量之計算 知用水之多少，然後可以建造適量之蓄水池。例如池塘之大小，導水溝之寬狹。
- (3) 灌溉用水之性質 A、含有毒質者不可用。 B、冷水泉不可用。 C、遇不得已時而用冷水泉，應須先導入蓄水池使吸收陽光，增高溫度，然後施用。
- (4) 灌溉上應有之注意 A、灌溉之水質，以含有養料者爲佳。 B、灌溉宜用暖水，在冬季裏有增地溫之效，夏季不致使土壤冷卻。 C、旱魃時候，如用少量之水去灌溉，反爲有害。倘水量不足時，寧以不灌溉爲宜。 D、作物將要成熟時，不可灌溉，否則發生轉青之情形。
- (5) 灌溉之方法 A、溢流灌溉 溢流灌溉者，係將水溢諸於土壤之表面，使其向下滲透之法也。
- B、溢流之灌溉 溢流灌溉者，田內滿設小明溝，使水徐向低處流過，而歸於排水渠之法也。此法最普通，田園中多用之。
- C、地下灌溉 地下灌溉者，乃供給水分於土壤之下層，其法設渠於地下，塞其口，將水滲於渠內，使其漸次向上滲昇也。
- D、噴布灌溉 噴布灌溉者，乃將水自空中噴灑於地間，其法設管於地面之上，用架承起，管上裝置龍頭，管內滿盛於水，加以壓力，使水於管之龍頭噴布，此法雖便，惟太不經濟耳。

第二節 土壤之改良

- 一、鹼土之改良 改良鹼土，爲我國農業上之重要問題。蓋鹼土普遍於中國，尤以華北爲甚，其鹼性較輕者，影響產量之收穫，鹼性過重者，致成荒田，對於國計民生，關係匪淺。茲將改良之方法，分述如下：

(1) 暗溝排水法 其法於土中設置暗溝，安置排水管，然後灌水浸地，使水漸滲土中，則水挾鹼質由管中流出，迨水將乾，又復灌水，勿使乾燥，以防鹼質上昇。如此數次，使土中鹼質盡行流失始止。

(2) 施用石膏，石膏能變更鹼土之性質，使黑色鹼土變為白鹼土，碳酸鹽變為硫酸鹽，其害可減。蓋黑鹼土為害約五倍於白鹼。惟施用石膏，須土壤濕潤，否則不生反應。



(3) 刮除 早春乾旱之時，鹼質聚於土壤之表面，若於此時將表土刮起，運於他處，亦可減少鹼質之濃度。

(4) 深耕 此法將土壤深耕，使地面鹼質翻入土中，亦可減少鹼質之為害，或於田中作成二英尺之深溝，將表層之鹼質土翻入溝中。

(5) 阻礙蒸發 鹼質可由毛細管之作用，隨水分蒸發向上移動，而集聚於土壤之表層，土壤之蒸發愈盛，鹼質愈多。若能阻礙蒸發作用，則鹼質上昇必少，其害自減。阻礙蒸發之方法，最普通為中耕，鋪肥，種植蔭蔽作物等法。

(6) 栽培可耐性之作物 種植耐鹼之作物，如甜蘿蔔，及苜蓿草等，此等作物，利用鹼質以生長，久之土中鹼質逐漸減少。

(7) 潑洗 用水浸洗，使土壤之鹼質隨水下滲，以至三尺或四尺之深，可免其害。久之則鹼質減少。

二、酸土之改良

酸土為不適於一般農作物生育之土壤。或減少作物之生產量，或變劣其品質。至於土壤中一般微生物之發育，亦多不適。故改良酸土亦其重要。其改良之法，雖有種種，而根本要圖，不外鹽基物之增加。蓋土壤酸性之發生，無論其為含酸類與不含酸類，均與鹽基物有莫大之關係。苟土中之鹽基不形缺乏，其不含酸類之土壤，固不致發生酸性，即含酸類者，其酸基或游離酸素，亦必被鹽基中和。故改良酸土，重在鹽基物之增加。但鹽基物之種類甚多，其增加種類亦不可不知。大約鹽基物能用以中和土壤酸性者，不外鈣，鉀，鎂，鈉等成分。鈉則對於土壤可生有害化合物，鉀則價值太昂，鎂則施用多，亦生毒性，均不宜於多用。惟鈣則價值既廉，奏效極大，多用亦無其害。故增加石灰，乃改良酸土之惟一

法也。他如少施酸性肥料，以免酸性物之增加，栽培可耐酸性之作物，以期酸性物之減少及防止鹽基物之流失，亦為改良酸性土壤所當注意者也。

第四節 土壤調查

野外調查

調查土壤為有系統之收集土壤資料，以供研究者也，其工作分為野外觀察及實驗室中之研究。野外所觀察者為土壤之成因，個性，氣候之影響，地質之構造，地形之平凸，植物之生態，農業之情形等。實驗室所研究者，為所採土壤樣本之化學的成分與狀態，物理之結構與組織，生物的種類與工作的情形。實驗室中之研究所得結果與野外觀察之記載互相關連，由斯而評定土壤之優劣，及擬定改良之方法，故土壤調查在農業改造上為必須有之工作也。

一、調查土壤之目的

(1) 估計一國農業之資產時，以土壤為重要項目之一，故土壤調查為首要工作。由土壤調查，可知已耕田之面積及農產物之種類產量，以及產量之趨向於增高或減低，廢地之面積與其可否利用。未墾荒之面積，及利用之方法。森林牧場之面積及所在地，樹種與草種生長之情形。

(2) 根據土壤調查之結果，可斷定一地適於何種農業，如農藝，園藝，果藝，畜牧林業等。

(3) 介紹外來之種子及種苗，其生長是否適於本國自然之環境，亦必以土壤調查之結果為準繩也。

(4) 農事試驗場之設立，與試驗場試驗之題目，欲求品種良好，而行推廣，則尤賴土壤調查後，始得推進。

二、土壤調查之方法

(1) 野外觀察 A、考察 考察土壤之位置、形勢、燥濕、該地方之氣候，農業之發達，現今農業狀況，及交通之便利與否。

B、繪圖 所繪之圖，上須示明田地之面積，形勢，界限，房屋，樹木，溝渠，道路，河道等，如田地為果園，森林，蔬菜園，農作地及牧場等須一一表出之。

C、採取標本 所採之土壤，須代表一土壤種中各種要素，方可作為標本，每一土壤種，採取標本兩份，或兩份以上。採取時先用筴將土面草葉根

等之雜物除去，然後用取土螺旋鑽穿入土中以取土壤。採取心土時，須先用鑽將土面鑽一穴，然後再用取土鑽旋轉。其深度普通所行者，採取表土，由土面至犁耕所及之處為度，約七吋左右。每一標本取出，置諸油布上，將所含石礫雜物除去，然後裝入布囊或玻璃瓶中，切不可用紙袋。然後袋外標明土壤種名，採取地點，時日，記載冊上，亦須如此記載。

D、報告 調查完畢後，乃將調查時所記載之種情形製成圖表，並將所繪之圖，加以修正，以作報告，調查者亦可表示對於改良，作物之栽培，及管理上所持之意見。

(2) 室內分析

A、機械分析 機械之分析法頗多，普通常用者為篩分法。此外尚有假水力而行分析者，如靜水分析與流水分析。靜水分析者，乃於靜水中攪動土粒，觀其沉降之狀態，而行分析法也。流水分析者，乃依流水之速度而行分析土粒之法也。由機械分析法之結果，可斷定土壤之組織，及結構與一般之物理性質也（詳細說明，可見土壤物理章）。

B、化學分析 化學分析法，分完全分析及部分分析，完全分析乃定土壤中所有成分之含量，部分分析者，祇定氮磷鉀三要素之含量。普通一般所採用之方法，皆以濃鹽酸浸漬土壤，其溶液作成一定容積，依定量分析法，而定土壤養分之含量，以百分數表示之。由化學所得之結果，可判定土壤中養分之多少，而後採取栽培作物之種類，及施肥之方法也。

(土壤部終)

下 編 肥 料

第一章 總 論

第一節 緒 言

植物與動物同，皆自外界攝取營養物，以謀生長及發育。野生植物聽其自然榮枯，凡取諸自然者，仍還諸自然，土壤中之養分，亦無消失之虞。至於農用作物，其情形則異，土中之養分常隨農產物之收穫而他去，久之土壤漸次瘠薄，終至作物生長不良，農家之收支亦相差愈遠。欲使作物生長繁茂，而達栽種之目的，則必須設法維持地力，其法即施肥是也。

我國農業起源於神農，而糞壅之法，相傳始於商代，漢書載「伊尹作區田，教民糞種，負水澆稼，區田糞氣為美。」但中國施肥之事，戰國時則已為人重始。按諸史載，泰西諸國，用肥培之始，雖早行之於希臘及羅馬，然較之我國，已覺其後，至論肥料，至論肥料一科，而成之為學，則近百年事耳。

第二節 肥料及肥料學

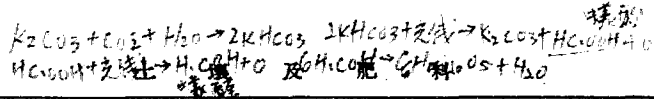
肥料二字，不見於古籍，近代始延用之。古稱培田之料曰「糞」如孟子言：「百畝之糞上農夫食九入」又曰：「凶年糞其田時而不足。」月令言：「可以糞田疇」，齊民要術稱：「製堆肥法曰蹈糞法」王禎農書稱：「綠肥曰草糞，苗糞」是也。肥料一名詞，或係起初譯名時，由東方所流入。考肥料二字，英誤為 Manure，法曰 Matière facale，德曰 Dungung 此等字之導源，皆為家畜排泄物之意。而吾國昔時所用之肥料，均為廢棄無用之物，雖名曰糞，不一定即為糞肥。

今據一般學者對於肥料之解釋，而定其義如下：「凡施用於土壤中之物質，直接或間接可以滋長植物者，名曰肥料」。肥料學者，乃研究各種肥料之種類，來源，性質，配合，施用及對於植物生長上之影響而作一有系統之研究之科學也。

第三節 肥料之成分

植物根部，深藏土中，枝葉繁茂於空中，以攝取土壤中之養分，而達其生

54



長，其由空中吸取者為碳酸氣 (CO₂) 及氧氣 (O) 此二者取之不盡，用之不竭，無補給之必要。其由土壤中攝取者為水 (H₂O)，氮 (N)，鉀 (K)，磷酸 (P₂O₅)，鈣 (Ca)，鎂 (Mg)，矽 (Si)，硫酸 (S₂O₄)，氯 (Cl)，氧化鐵 (FeO) 十種要素，皆為植物生育上不可或缺之成分。水分除於雨水稀少之區，如西北陝甘一帶每成農事之重要問題外，餘均取之甚易，施之不費。至鎂、硫、鐵、氯、矽、等質，普通土壤中含有甚多，無補加必要。且尋常肥料中，亦多含之，故無須特別施用也。至氮磷鉀三質土中雖有相當存儲，然可為植物利用百不足一。此三質對於植物，猶之蛋白質，脂肪，澱粉之於人類也。土中既供給有限。而植物之需要無窮，故不得不謀補救之法。通常施用肥料，即圖氮磷鉀三要素之供給也。

第四節 肥料之分類

一、以肥料之機體分

- (1) 有機肥料 含有機物甚多，施於土壤生腐植質，有改良土壤理化性質之功。如人糞尿豆餅，堆肥等屬之。
- (2) 無機肥料 缺乏有機質，并無以上之作用，採自礦物或燃燒動植物而成者。如硫酸銨，骨炭，草木灰等屬之。

二、以肥料之效力分

- (1) 直接肥料 含有肥料三要素，可為植物直接吸收利用。
- (2) 間接肥料 不含氮磷鉀三要素，植物亦不能吸收之為養分，僅對於土壤之性質，有改良之功，并有刺激植物生長之效能。

三、以肥料之來源分

- (1) 動物質肥料 此種肥料取之於動物，含氮磷甚多，鉀質較少。如人糞尿，腐肥，骨粉等屬之。
- (2) 植物質肥料 此種肥料，取之於植物界，富於有機質及氮，磷質較少，鉀質缺乏。如綠肥，葉糞，油粕，米糠等屬之。

(3) 礦物質肥料 此種肥料多取之於礦石中，或動植物中。所含之成分各有不同，其肥效亦異。如智利硝，硫酸銨，草木灰，石灰過磷酸鈣等屬之。

四、以肥效之遲速分

土壤肥力
 1900
 1910
 1920
 1930
 1940
 1950
 1960
 1970
 1980
 1990
 2000

土壤中有機物，經微生物之作用，而發酵，腐敗，分解將複雜之組織變為簡單之物質，而為作物所利用。普通無氮有機物之分解，曰發酵。含氮有機物，於空氣閉塞或空氣不甚流通之處而分解，曰腐敗。含氮有機物在空氣流通之處而分解曰分解。

第六節 肥料之反應

肥料之反應，分為化學反應與生理反應兩種。化學反應者，為肥料水溶液固有之反應，換言之產生 (H^+) 離子者稱曰酸性，生 (OH^-) 離子者稱曰鹽基性，不生 (H^+) 與 (OH^-) 離子者稱曰中性，此理在普通化學中已詳言之。所謂生理反應者，非肥料本身之反應，乃肥料在土壤中受植物根之吸收作用，或微生物作用後所表現之反應也。如硫酸銨其化學反應為中性反應，但施於土壤，受植物根吸收作用，經 (NH_4^+) 離子被利用，殘餘 (SO_4^{2-}) 離子使土壤變成酸性，此之謂肥料之生理酸性反應。又如智利硝石其化學反應為中性，但施於土壤，硝 (NO_3^-) 離子被植物利用，而鈉 (Na^+) 離子殘留土中呈鹽基性反應，此之謂肥料之生理鹽基性之反應，又如磷酸銨，不僅為化學中性反應，亦為生理之中性反應，因硝離子與銨離子皆為植物利用也。

生理酸性肥料，施於酸性土壤，更可增加酸度。生理鹽基性肥料，施於鹼性土壤，更可增高其鹽基性，結果皆影響作物之生長也。故施肥時，肥料之配合不可不注意者也。蓋作物之生長以中性及弱鹽基性之肥料為宜，常因配合之不善，而使收穫量有5—30之差異。

第二章 農場肥料

第一節 人糞尿

人糞尿在我國及日本，自古以來，皆視為重要肥料，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，含水量多，肥料成分少，以之為肥料，不甚適宜，放棄於河海以為常。蓋在歐美畜產甚發達，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。凡家畜肥尿產額不多之處，能利用人糞尿以為肥料，實合肥料之經濟原則。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，而要皆依土壤之養分而生者也。不施用糞尿，則不得不藉他種物質，以償還地力，此人糞尿所以特為重要之肥料也。

人糞尿之色澤及性質，常隨人類之年齡及食物而不同，一般哺兒之糞，呈黃色與酸性反應，混食者之糞呈青褐色，與中性或鹽基性之反應，肉食者之糞呈黑褐色，與鹽基性反應。

歐洲人與日本人之糞尿比較表

成分 \ 類別 數量	歐 洲 人	日 本 人
水 分	九三·五	九五·〇
有 機 物	五·一〇	三·四
無 機 物	一·四	一·六
氮	七·〇	五·七
鉀	二·一	二·七
磷 酸	二·六	一·三
石 灰	〇·九	〇·二
食 鹽	六·六	一〇·二

勞力者與勞心者糞之成分比較表

成分 \ 類別 數量	勞 力 者	勞 心 者
水	九五·二九	九四·五一
有 機 物	三·〇三	三·八九
灰	一·六八〇	一·六〇〇
氮	〇·五五一	〇·五七〇
鉀	〇·二九五	〇·二四〇
鈉	〇·五一〇	〇·四四八
石 灰	〇·〇一二	〇·〇一九
鎂	〇·〇三四	〇·〇六〇
氧 化 鐵	〇·〇二六	〇·〇六一
磷 酸	〇·一一六	〇·一五二

硫 酸	〇、〇七一	〇、〇四八
燐 酸	〇、〇三五	〇、一一〇
氮	〇、七〇四	〇、六〇六
食 鹽	一、一六〇	〇、九九九

年齡與人糞尿成分之關係

類 別	糞(克)	所含分量(克)		尿(c.c.)	所含分量公分		
		氮 素	磷 酸		氮 素	磷 酸	
長 者	男	一五〇	一、七四	三、二三	一五〇〇	一五、〇〇	六、六八
	女	四五	一、〇一	一、〇八	一三五〇	一〇、七〇	五、四〇
幼 者	男	一〇〇	一、八四	一、六〇	五七〇	四、七二	三、一六
	女	二五	〇、五七	〇、七三	三五〇	三、六八	一、七五

生活程度與糞尿之關係

類 別	農 家	商 家	中等官吏
水 分	九五二、九〇	九五三、一〇	九四五、一〇
有 機 物	三〇、三〇	三一、八〇	三八、九〇
灰 分	一六、八〇	一五、一〇	一六、〇〇
氮 素	五、五一	五、八五	五、七〇
磷 酸	一、一六	一、三三	一、五〇
加 里	二、九五	二、八八	二、四〇
食 鹽	一一、六〇	九、〇六	九、九〇

人糞尿貯藏時應注意事項

糞尿於貯藏期中，發生多量之碳酸銨，極易於揮發而散失，若不與以相當之防治，糞尿價值，損失極大，故貯藏糞尿之際，應注意下列數點：

(1) 糞尿貯藏之所，宜設於陰冷無日射之處，不然日光強射，溫度即行增高，溫度高，糞尿中阿母尼亞發散之量大。

(2) 貯藏之坑或壑，上宜設蓋，以減空氣之流通，否則空氣流動甚速，阿母尼亞發散必大，肥分因之減少。

(3) 糞尿如須久藏，宜加少許過磷酸鈣，使揮發性之阿母尼亞，變為不揮發性者。

(4) 糞尿貯藏，宜用水和之令稀，蓋水分多，則糞中之阿母尼亞發散量即少。

(5) 人糞尿中不可混用澱粉質物，粟稈類等有還元作用之物質。

施用新鮮人糞尿之不利

(1) 新鮮人糞尿過於濃厚，有害於植物之生長，新鮮人尿，約含 2% 尿素，及 1.5% 可溶性鹽類，尿素不易為土壤吸收，雖加水數倍稀釋，仍阻礙作物之吸收作用。莖葉因之凋萎。至於腐爛人糞尿，在腐敗時，尿素皆變成碳酸鹽為土壤吸收，其濃度適於作物根之吸收，於作物生長無害。

(2) 尿素本身濃度達 0.05% 以上時，於植物有害。據雷布博士及田澤氏之研究，尿素直接有害於作物，如果水溶液之濃度，達 0.05% 時，植物之生育，大受阻害云。故新鮮人糞尿如不經腐爛，雖不甚濃厚，對於植物生長亦不安全。

(3) 施用新鮮人糞尿必招氮素之損失，如上所述，尿素是不能為土壤所吸收，不過溶解後，漸滲於土壤之下層而已。施用後如遇雨水，即被沖洗流入下層，而不能為作物所利用矣。

人糞尿之施用法 宜為稀加肥料

施用人糞尿之方法，視人糞尿之乾濕而有不同。吾國北方乾糞，係取新鮮糞，曝於空曠之地，令之乾燥。俟其乾後，以少量泥土和之，藉重其量。此種乾燥，物少質濃，惟經久曝，糞中所含氮質，損失殊多，是其缺點。施用之時，即以乾糞散佈田中，隨犁耕入土中。歐西各國所謂配合肥粉 (Pondrette) 者，即乾糞之一種，其施用法與此略同。至濕糞施用法，則俟糞尿腐熟後，以水和之，用澆田地。惟用濕糞之法，視所用之目的而不同。(一) 為基肥用者可以不和水分施用，且一次所用之量甚多，隨施隨覆以土，其深度量多以一尺五寸為限，再深即無微菌作用也。(二) 為補肥之用時，宜稀，以三四倍之水分，於拂曉或薄暮分次施用，此糞尿施用之情形也。

人糞尿多含磷及食鹽，而缺乏磷酸及鉀之肥料，故施用於白菜，甘藍，蔥一類之

九、此種糞尿如加入少量之磷鉀肥料則其肥力更增加且其臭味亦較小

葉菜類或桑茶等需葉作物及麻蘭等纖維植物，皆有特效。但用於烟草時，使葉筋粗大，香味辛烈，並妨礙燃燒性，又人糞尿多施於甘薯，馬鈴薯，甜菜等時，亦有減少糖分及澱粉含量之弊。如人糞尿施於穀類及其他普通作物，而補加相當之磷酸及鉀時，則可發揮其效能。

第二節 厩肥與堆肥

厩肥者乃家畜之排洩，物與畜舍中鋪墊之蔴草及家畜飼料殘屑之混合物也。其中含有氮磷鉀三要素，且富於有機物，故用此肥田，不但可以促進作物生長兼可改良土壤性質。在歐美畜牧事業發達之國，厩肥用之極多，故有無家畜無肥料之謬。

家畜之糞尿

家畜之食物，大半為植物質，與人類大不相同，但據消化之原理及糞尿之由來看來，則無異處。惟排洩之狀態稍有差別而已。譬如人尿中氮，主要形態為尿素，家畜之尿，除尿素、尿酸外，尚含馬尿酸，又家畜尿中，多不含尿酸，尿酸之全量，皆含於糞中，此為家畜糞尿之特徵。因草食動物，滲入血液中之磷酸，又由腸之下部滲出，與糞同時排洩於體外，又尿之反應與人尿完全不同，皆呈鹼性，因為尿中含有多量之碳酸鉀及有機酸鉀之故。

家畜尿

家畜尿與人尿同為消化吸收之物質，隨血液循環於體內，因新陳代謝之結果，又變成老廢物，再到腎臟，從血液分離出來，排洩於體外。故含有各種可溶性無機鹽及許多含氮有機物，如尿素，尿酸，馬尿酸，動物肌肉質及其礦基酸類，有機鹽基等。今將福氏研究牛馬尿中氮化合物之成績列表如下：

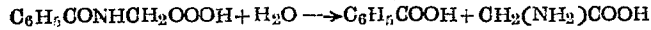
成 分 類 別	牛 尿	馬 尿
全 氮 量	〇、八五三	〇、七五七
比 重	一、一〇四〇	一、〇二五二
鹼	無	無
尿 素	〇、六九三	一、二七三
尿 酸	〇、〇二二	〇、〇一二

馬 尿 酸	二、〇三二	〇、二九五
動 物 筋 肉 質	〇、〇八三	痕 跡

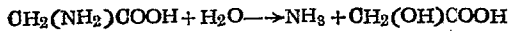
馬牛尿與人尿成分比較表

成 分 \ 類 別	人 尿	馬 尿	牛 尿
尿 素	二〇	三〇	一八
馬 尿 酸	〇、五	五、〇	一六、〇

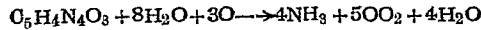
牛馬尿中之氮質化合物，幾全為有機化合物，不如人尿含有銨態氮之多，故肥效遲，而腐敗與分解之作用較難。今將馬尿酸及尿酸分解之過程列下：



馬 尿 酸 水 安 息 酸 甘 膠



甘 膠 水 銨 甘 醇 酸



尿 酸 水 氧 銨 碳 氧 氣 水

家 畜 糞

家畜糞是由飼料之不消化部分而成，化學組成之主要物質是各種蛋白質類，蛋白質分解生成物，脂肪，碳水化合物（澱粉纖維等）碳水化合物之分解生成物（醋酸，酪酸，乳酸等）酵素，胆汁質物，葉綠素，膠質物，生糖質一類之有機物及鉀，鈉石灰之硫酸鹽，磷酸鹽，氯化鹽一類之無機物。

家畜新鮮糞之成分表

成 分 \ 類 別	馬	牝 牛	豬	羊
水 分	七六、〇	八四、〇	八〇、〇	五八、〇
氮	〇、五	〇、三	〇、六	〇、七五
磷 酸	〇、三五	〇、二五	〇、四五	〇、六〇
碱 類	〇、三	〇、一	〇、五	〇、三

家畜糞乾物中之成分表

成分	數	馬	牝牛	猪	羊
氮		二、〇八	一、八七	三、〇〇	一、七八
磷	酸	一、四五	一、五六	二、二五	一、四二
碳	類	一、二五	〇、六二	二、五〇	〇、七一

牛 糞 含氮量

牛為反芻動物，咀嚼飼料極細，且飲水極多，故其排洩物，緻密而多水分，腐敗緩遲，施於砂土或缺乏有機質之溫暖土壤，最為相宜。牛糞因發酵腐爛緩慢，故有冷性肥料之稱。其緩慢程度，據研究可達至二年至四年之久。

馬 糞 含氮量

馬糞為溫性肥料，以其質地乾粗發酵分解甚易，發熱亦大，蓋馬所食者，為多纖維之飼料，且咀嚼甚粗，故其糞疏鬆，易於流通空氣，極適於微生物之繁殖。馬糞富於氮質，粘重及寒冷之土地，施用馬糞，最為相宜。

羊 糞 含氮量

羊與牛同為反芻動物，惟羊飲水不若牛之多，故其糞乾而成顆粒之狀，因而分解頗速。與馬糞同屬溫性肥料，其肥效之繼續力亦甚長。施於粘重土及寒冷土，極其相宜。

猪 糞 含氮量

猪之食物比較馬牛羊為濃厚，而所產之糞質則甚劣，且極稀薄，氮質甚少，屬冷性肥料。施於溫暖及砂土比較相宜，通常之猪，每日約產糞六斤。

蔴 草

凡畜舍內敷蔴之使用，是供給家畜柔暖之臥處，同時吸收家畜之排洩物，防止畜體之污染，如不敷蔴，任家畜寢處於堅硬之地，既妨害其健康，且因尿液之流散，使肥分損失，又糞尿污染畜體，對於家畜之衛生及肥之生產上，皆不相宜。依肥料學上觀之蔴草之效用如下：

(1) 吸收保蓄家畜之排洩物，使不至損失。

(2) 使糞尿之分解稍遲，減少養分之損失。

- (3) 增大厩肥之容積，使肥料成分均勻分佈。
- (4) 加入厩草中之養分，則以增加肥料之價值。

普通用作厩草之材料，有藁稈類（如稻麥之藁稈，蕎麥，大豆之莖）藻類，落葉泥炭，鋤屑，廢土等，種類頗多，就中以稻麥之藁稈為最佳。總之厩草之種類雖多，要皆應具下列條件：

- (1) 尿水吸收力強，便於吸收排洩物之全量。
- (2) 可以防止排洩物之急激腐敗。
- (3) 所含之成分可以增高厩肥之價值。
- (4) 須柔軟適合動物之寢臥。

厩肥堆積法

通常厩肥均先堆積，使之腐敗，然後施用。苟處理得宜，雖經二三月之久，其中肥分，非惟無損失之虞，且可變不可給慮之物質為可給慮。茲將堆積上注意事項列下：

- (1) 堆置厩肥之處，宜擇日光不多，不甚通風之地，其大小可依牲畜之多寡而定。
- (2) 堆置厩肥之地面，宜用磚及水門汀做成斜勢，既不透水，又利水流，於其低處設一深淺適當之溝，以貯汁液。
- (3) 舍外堆積時，須有屋蓋，防止風雨之侵襲及日光之直射。如不能設置屋蓋，亦須加覆泥土厚二三寸後，再行敷藁掩護方可。
- (4) 厩肥堆積之厚度，因厩肥之種類，處理法，氣候之寒暖而異。普通堆積之厚度，約四五尺，用力鎮壓，防止氣之損失，因堆積太高，發熱大，太薄，發酵又遲緩。
- (5) 堆積之厩肥，須保持相當濕度，不可失於乾燥。因不但有氮質損失之虞，且可使有機質燃燒灰化之可能。故須時常將漏液灌於堆肥上，如缺乏漏液，污水亦可。
- (6) 堆肥須時時翻攪，使內外各部同樣腐爛，不但新舊厩肥相混合，且防生硝酸還原作用。
- (7) 如欲使五糞渣分解速，可加石灰或草木灰。如欲防止蟲蟻之發散，可加入

少許過磷酸鈣，石膏，硫酸鉀等物質。

厩肥之接間效果

(1) 厩肥能改良土壤之理化性質。

厩肥含有機物頗多，故用於粘重土壤，分解時所生之二氧化碳及其他氣體，可使土壤膨軟輕鬆，用於輕砂土壤，又可增加土壤中之腐植質，增進吸肥力及吸水力。

(2) 厩肥能增加土壤之溫力。

厩肥腐敗分解時，生成腐植質，使土壤成黑色，故土壤對於熱量之吸收力及保存力，因於增加。

(3) 厩肥能間接使其他養分變成可給態。

施用厩肥之土壤，能增加有機物已如前述。有機物為土中微生物良好食餌。故施用厩肥之土壤，比不施用者，微生物特別多。此等微生物繁殖於土壤中時，分解有機物變成二氧化碳，腐敗酸等。可使土壤中之不可給態養分，變成可給態。

施用厩肥時應注意事項

厩肥經長時間之堆積，養分增多，容積減少，內外完全腐熟，即可運至場圃，施於田畝，以作培肥。施用之法，即將腐熟厩肥，撒佈地面，既薄且勻，用耙覆之以土，以防養分之損失，如因特別情形，不克即時施用，宜將厩肥堆成小邱，上覆泥土，以防風雨。

(1) 新鮮厩肥入土宜淺，腐熟者宜深。

(2) 粘重土及寒冷土中施用厩肥宜淺，輕鬆土及溫暖土宜深。

(3) 粘重土及寒冷土中，宜施用腐熟肥，輕鬆土及溫暖土用中熟或新鮮厩肥。

(4) 為改良土壤物理性質，宜用新鮮厩肥。

(5) 生長期間短之作物，用腐熟厩肥，期間長者，用中熟或腐熟厩肥。

(6) 厩肥屬遲效肥料，可用作基肥，於播種或移植時施用。

(7) 新鮮厩肥，不宜與硝酸性肥料混用，以防還原菌之作用，而多游離氮氣。

堆 肥

我國數千年來，農田所用培壅之物，以人糞尿為最多，堆肥次之，豆餅又次之；堆肥（齊民要術稱堆肥曰黑糞）者，乃一切廢棄無用之物，如落葉、殘枝、糞沙、骨

灰、血粉、動物屍體、塵芥、粉渣、稗芒、泥炭、肉屑、角蹄、污水、糞尿、草木灰等物，經堆積之後，令其腐熟，而利用之為肥田之料者是也。堆肥原料，則取之於廢物。堆肥勞力，則用之於農閒。既富於氮、磷、鉀之肥分，且其肥力有繼續性，迥非他種肥料所可及。加以堆肥有改良土性之能，誠農家最經濟最有效之肥料也。

第一項 堆肥之性質

凡物各有其性。明其性而利用之，功效乃可大見。不然，貿然從事，未有不招失敗者。茲先言堆肥之性質。

(一)、富於溶解之物質 製造堆肥之各種原料，十九不易於溶解。故初製之堆肥，其中所含有機及無機成分，完全為不可溶性，殊無肥料價值可言。及至經若干時日之堆積而發酵，而腐爛，而分解，然後所有物質，漸能溶解於水中，以供作物之吸收。由是可知堆肥之肥分，乃由堆積若干時日而得。則處理堆肥，是不可不大加注意也。

(二)、肥力可以永久繼續 堆肥經堆積若干時日後，其中一部分之物質，已完全腐爛分解。施於土中，植物即可利用。其未完全腐爛之部分，經施入土中後，陸續腐爛分解，源源接濟植物之吸收，此不僅使土中肥力可以繼續，且其所分解化之成分，亦能改良土性也。

(三)、含有易於揮發之物質 堆肥於堆積時期中，所有物質，均次第腐爛分解，所成易於揮發之物質甚多。其中以阿摩尼亞最為重要，應設法防止之，以免其損失也。

製造堆肥注意事項如下：

- (一)、製造堆肥材料，如用馬糞，糞沙等易於發熱之物時，其肥堆不宜過高，以免過度之發熱。否則肥堆稍高無妨。
- (二)、製造堆肥，不可使之急激發酵，以妨肥分之損失。
- (三)、製造堆肥，其堆積材料宜鬆實得度，以妨肥分之無謂損失。
- (四)、製造堆肥，其四週之圍，底部低，約高一尺，次層可稍高，繞約一尺五六寸。層次愈高，則高度愈減。
- (五)、堆肥中所填之材料，底部宜與四週平。層次愈高，則中部愈可凸起，俾

築至六七尺時，上端可成屋頂之形。

(六)、注水之量，底部儘令材料潤濕。層次愈高，則注水愈多。然不可過量，而致下淋也。

(七)、堆積材料，底部宜用質地相大者，俾底部空氣得以流通良好，而無閉塞之弊。

(八)、堆積物內部之發熱易，而外部保熱難。欲使外部保熱。堆築時可用腐肥濕青草等為材料。

堆肥變化結果

堆肥經相當時期之堆積，其中經過種種變化，容積減少。不溶解物質，變為可溶性。堆肥外表，此際呈暗褐色粉末，含有適當水分。試握堆肥於掌中而捏之，如有液汁流出者，是為最佳之腐熟堆肥。其一立方尺之重量，約三十餘斤。茲將堆肥變化之結果條列於次。

(一)、不溶解性之有機物減少，可溶性增加。

(二)、可溶性之無機成分增加。

(三)、含氮質有機物所生之阿摩尼亞，多量則化合而存於腐植質中，其發散者量甚少。

(四)、不含氮質之有機物，則化為腐植質，與阿摩尼亞鉀及其他鹽基而成溶解性之鹽類。

(五)、有機分減少，無機分增加，其中碳酸，炭化氫，一養化炭等均逸散。

(六)、硫則變為硫化氫，磷則變為磷化氫而飛散。

(七)、氫量增加。

此外堆肥之效能及施用法，與前節所述之厩肥略同，故不贅述。

第三節 草木灰 (Straw and Wood Ashes)

草木灰為鉀質肥料，乃草桿及薪炭燒後，變成無機質之灰燼，富於鉀鹽及石灰，而有機質及氮素殆完全消失。草木灰所含之成分，視其原料而異，木灰所含之鉀鹽，磷酸，石灰等比草灰為多。而含碳素及矽酸少。但同為木灰，其成分之含量亦異。圖

葉樹之灰，比針葉樹之灰，富於鉀質及其他成分。老成之枝葉及莖幹比幼稚者灰多，但肥料成分少，生葉之灰比落葉之灰，亦富於肥料成分。茲將數種草木灰之百分中成分列表如下：

類 別	水 分	磷 酸	加 里	石 灰
草 灰	3.10	2.10	4.500	33.00
木 灰	4.10	3.90	11.500	33.00
柴 灰	—	2.92	12.749	26.10
闊葉樹灰	5.00	3.50	10.000	30.00
針葉樹灰	5.00	2.50	6.000	35.00
落葉樹灰	—	1.40	2.040	—

由是觀之木灰富於鉀質及磷酸石灰等，故其肥效除鉀磷外，尚有石灰之方焉。草灰此等成分較少，而富於黑色碳素，故能增高地溫。草木灰之鉀質，為自碳酸鉀而成，呈水溶液，肥效速，而磷酸多為磷酸三石灰，難溶於水，其效較緩。然草木灰亦視原料燃燒之程度，溫度之高低其成分之含量及溶解度因之而異。

在我國北方諸省，早知利用草木灰當作肥料矣，蓋北方人民之家庭，大多斂用土炕取暖，至冬季天寒，率皆取植物之葉桿或樹葉木枝，充作燃料，不但藉以保溫，尚可利用其灰當作肥料也。不過此種灰分，富有鉀質及無機質，為單性肥料如每日早間，洒以糞尿，飯後混以魚渣及骨血，又可補助磷氮之不足，成天然之完全肥料，則遠勝於單體之草木灰矣。

草木灰在施用上應注意之事項如下：

1. 草木灰單獨施用，常直接撒佈田場，混入耕土。
2. 製造堆肥時，混入草木灰，可促進其腐熟。
3. 草木灰為速效性之鉀肥，適於一切作物，而於豆科作物，根葉類及煙草為尤宜。
4. 草木灰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。如用於富於腐植質之濕田，既能發揮其固有肥效，又可促進腐植質之分解，且有使土壤膠凝之效。

5. 不可與阿母尼亞鹽類混合，有損失氮素之虞，又與過磷酸石灰混合，使之變為不溶性，故宜分別施用。
6. 以其為鹼性肥料，對於中性土壤宜和酸性肥料混合施之。
7. 草木灰為強鹼性肥料，施於酸性腐植土及其他呈酸性之土壤肥效甚大。

第四節 綠肥 (Green Manure) 或苗肥

上述之人糞尿及厩肥，可謂為動物質之肥料，而綠肥可謂植物質肥料，一般養分稍少，分解亦遲，但有機質含量多，與厩肥同有改良土質之功效。植物質肥料分解時，所生之碳養氣，一部分為作物利用吸收，一部分溶於土壤水中，可使土中礦物質養分變成可給態。其所含之無機質及氮素養分，可直接為作物利用。此外尚能使土壤輕鬆，空氣流暢排水便利；使植物根自由伸長。

綠肥云者，青草樹木之嫩葉等生鮮植物，犁入土中，藉以增加有機質促進或改良土壤性質以適於作物之生長之謂也，俗稱壓青。綠肥利用之方法甚多，大別不外下列二種：

1. 採取天然之雜草及野樹之葉、芽、嫩枝等，作為肥料。
2. 特別栽培各種作物，作為肥料。

綠肥容積大，肥料養分不多，但含有可溶性有機物，腐爛甚速。綠肥皆於新鮮狀態中耕入土中，亦有使其乾燥或行腐敗後施用之者，但新鮮狀態時比乾者易於發酵，奏效較速。植物體中皆富有機質，施於土中，分解時發生碳養氣及其他有機酸類，同時亦生腐植質，對於輕砂土可補有機物之不足，並且增加吸水力及吸肥力。對於重粘土可使其膨鬆，空氣流通，排水容易，使土壤中養分變成可給態。如一時用量過多，綠肥在土中分解，消耗土中養氣，對於種子之發芽及苗之生長為有害。

1. 綠肥之效果及施用法

1. 一般綠肥含氮及鉀甚多，有機物亦富，一面直接可作植物之養分，一面又可改良土壤之理化學性質，又可補充腐植質。可知綠肥及厩肥堆肥俱為地力維持上必要之肥料。但豆科綠肥含磷較少，故用量增多時，須加相當磷酸肥料。
2. 一切植物根常分泌一種對於自己及其他植物有毒之物質，此種毒物因植物之種類而異，有酸性者，有鹽基性者，但鹽基性物質可用鹼質消除毒性。在排水不良，

鐵鹽甚多之水田，施用可溶性磷酸肥料時磷酸與可溶性鐵鹽相化合，生成不溶性磷酸鐵，肥效即不易發揮。如用富綠質之綠肥，預先將鐵鹽沉澱出來，則無妨礙矣。

3. 綠肥之用量，因土質之不同，而有所增減。對於缺乏有機質之土壤，綠肥之用量，可以稍多，如為腐植土，則可不施用。如施用尚須堆積，待其發酵後再用，不然土壤中腐植質過多，不免有太濕之弊，而引起還元作用使氮素損失，同時土中生出亞氧化物及其他有害物質，對於植物為不利。

4. 據最近之研究，糞肥之水浸液有益於植物，而新鮮之綠肥水浸液往往有害。如將凋萎之綠肥，用之浸漬；或以綠肥浸水中，與土壤混合，放置十數日，用水浸液施於水田或土壤中，不但無妨，且有刺激之作用。蓋經放置後，使其發酵，生成蟻酸、醋酸、乳酸等各種有機酸類，此種有機酸最先生成者，可與氮化物分解產生之銨而中和，變成植物有效之化合物。

5. 綠肥分解時常產生有機酸，能使土壤變成酸性，須加適量之石灰中和之方可促進其分解。石灰之用量，因綠肥之品質及土壤之性質而異，普通每百斤綠肥可施用石灰三斤。

6. 綠肥不直接施於土壤，可先喂家畜，利用家畜之排洩物作肥料為得計。

7. 綠肥作物用以遮蓋地表時，則有阻止山腰表土之沖洗，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，如此可減去過量水分之蒸發，及植物之凍害。

8. 有機質富於吸濕性，故用綠肥，能使土壤常濕潤，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，則明年能否下種實無把握，即遇雨水調勻之年，而壓青的收成，亦較他年為佳。

9. 植物之具有深長之根者，能由底土取集多量養分，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之範圍。

10. 綠肥作物中之主根甚長者，深入土中，此等深根腐敗後氣體隨之發散，此處隙處，即為水溶液與空氣之通路，可以改良底土之狀況。

二、綠肥作物種類

綠肥中以能完成以上的數目者為上選，此外尚須注意下列事項：

1. 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。

2. 綠肥作物宜質軟多汁，施子之際處理方便，分解宜，作用良好。

3. 生長比較迅速，且茂繁可以壓制雜草之繁茂者。

4. 深根，能利用底土之養分或養分之流入底土者，易於上達者。

選擇何種植物為綠肥，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。作物中之用為綠肥之目的者可分為：

1. 豆科綠肥與根瘤共生，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，以備其他作物之利用。

2. 非豆科綠肥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。非豆科植物用為綠肥者有十字花科（油菜）禾本科（黑麥）麥科（蕎麥）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。

普通利用作綠肥之植物，在歐美有翹搖，羽扇豆，紫苜蓿等，在日本有紫雲英，苜蓿，蠶豆，大豆，豌豆等，其他往往利用作綠肥者，尚有蘆，荻，蕎麥，油菜，小豆，甘薯等，今將成分列表如下：

	水分%	有機物%	氮%	磷酸%	鉀%	
紫雲英	鮮	82.0	17.0	0.48	0.09	0.39
	乾	16.7	17.9	2.25	0.41	1.07
青大豆	鮮	80.0	18.3	0.58	0.08	0.78
	乾	14.0	78.7	2.49	0.36	3.13
青豌豆	鮮	81.5	17.1	0.51	0.15	0.52
	乾	16.7	77.0	2.29	0.68	3.23
青蠶豆	新鮮連夾	—	—	0.55	0.12	0.45
苜蓿	鮮	—	—	0.62	0.14	0.35
落花生莖葉	乾	16.0	78.1	2.15	0.35	1.22
開花荻	鮮	79.0	19.5	0.59	0.13	0.25
	乾	15.9	78.2	2.36	0.51	1.01
紅翹搖	鮮	82.0	16.5	0.53	0.15	0.55
	乾	16.5	76.7	2.45	0.69	2.53
野草	鮮	70.0	28.2	0.54	0.15	0.46
	乾	14.3	80.5	1.55	0.41	1.33

三、施用綠肥之決定

1. 施用綠肥之時機 施用綠肥亦應視土壤情形而定，不可漫無限制，以致徒勞而無功。輕鬆之砂土與黏重土，缺乏有機氮氣時，施用綠肥，可改良其理化性質。在土壤性質良好之地，施用綠肥，可數年行之，以保持土中有機質與氮氣之供給足矣。如以畜牧為主業，栽培綠肥作物，除供家畜之飼料外，又可供農場之糞肥，兩得其用。在乾燥之地，應先灌溉而後耕入土中，否則有機質腐敗極難，使土壤中虛隙驟增，水分蒸發極速。

2. 綠肥之選擇 綠肥作物之選擇，當視該地氣候土壤性質及農業種類而定。若適豆科植物之栽培，宜先由豆科植物中選擇之。欲求有機質之大量供給，可用多年生之作物，如瑞士之葉草，胡枝子，紫苜蓿等。欲在夏季施用綠肥，並求短期內之供給，則用一年生之作物，如大豆，落花生，田菁等。豌豆乃一年生宜於冬者，若在氣候較暖之地，雖在冬季亦可用之。

3. 栽培綠肥作物應注意事項：

- a. 土地之整理 播種之先，應使土地細勻，排水良好，豆科作物，乃生長良好。
- b. 注意土壤之性質 如土壤為酸性時，應先施用石灰質以中和之，豆科植物乃得良好之生長。
- c. 添加肥料 栽培豆科植物，亦應少施氮肥，使幼植物生長茂盛，而磷鉀肥料亦宜多施。
- d. 根瘤菌之供給 在初次栽培之豆科作物，往往缺乏特種細菌，故非人力供給不可，所謂接種是也，接種之法，不外移土法及純種二者。

第五節 骨 肥

一、骨 粉

利用動物骨作肥料，雖不知始於何時，但在一七七五年英卜漢帖氏之提倡，乃為人注意。至十八世紀中葉，李比希氏加硫酸於骨得有效之實驗，而立製造骨粉之基礎，勞氏又用骨與磷礦粉製造過磷酸石灰，施用於燕苔，成績頗佳。至十八世紀末葉，農家亦多為利用。

骨粉之組成及性質

骨粉 (Bones) 之製法及性質

骨中雖含有機物屬之骨素和脂肪，但大部分由磷酸三石灰而成。骨素為含氮最多之物質，含量在一八%以上，如用水煮沸即變為膠質。骨之組成，因動物之種類而異，同是一種動物，亦因老幼及骨骼之部分而不同，普通鳥骨含無機物最多 (75——85%)，磷酸之含量亦多，獸骨次之，無機物之含量，不過五〇——六〇%而已，羧酸之含量亦少。

骨類分解甚遲，故用作肥料時必須相當處理。根據製造手續之不同，骨粉分為粗骨粉，蒸製骨粉，脫膠骨粉三種。其製造之原理不外脫脂，去膠，乾燥，研細，幾步驟。

骨粉施用之注意

骨粉雖有上述三種之區別，但肥料之價值，因所含之成分之多少及粉粒之粗細而定。以粉粒細，肥料成分多，脂肪少為優等。骨粉中之磷酸，皆能溶解於枸橼酸，溶解最大者可達八〇%。

- (1) 骨粉本屬遲效性肥料，如在氣候溫暖多雨之地，效用甚著。但在寒冷乾燥之地，肥效甚遲。故寒冷少雨之地，施用前應與堆肥尿水相混，以促其腐敗發酵。
- (2) 骨粉含磷酸較多，含氮較少，但缺乏鉀素，須與氮及鉀肥并用。
- (3) 骨粉肥效遲，施於水田，應用於輕鬆土，施於旱田，應用於壤土，腐植土，酸性土等為宜。
- (4) 骨粉之用量，雖因品質，土質，及作物等而異，但普通施用量每畝三十斤乃至九十斤。

二、骨炭與骨灰

骨炭為動物骨在密閉器中燃燒炭化而成。有吸收有機色素之功效，故製糖廠多用為脫色及洗去污物。普通用作肥料之骨炭，多為糖廠用過之物質，直接用作肥料用尚少。但骨炭經過數次之燃燒後，磷酸皆變成難溶之物質，故肥效甚遲。

成 分 \ 類 別	骨 炭 %	用骨炭爲原料 之過磷酸石灰 %
水 分	八、〇	一五、〇
有 機 物	八、〇	七、〇
氮	七、〇	〇、五
磷 酸	二九、〇	一六、〇
鉀	〇、一	—

骨灰是用骨燒成，含磷酸三〇%至三五%，但經過強熱，即減少可溶性，並且消
失促進分解之有機物。故肥效甚遲。骨炭與骨灰之性質相似，多供過磷酸石灰製造之
原料。

第三章 人造肥料

第一節 智利硝石

智利硝石以天然產之硝石礦爲原料製成硝酸鈉。產於智利、祕魯、及波利非亞等
地。吾國甘肅，蒙古，及大拉巴哥，亞太加馬沙漠等地亦產之。智利乾燥，雨水稀少
，故硝酸鹽層接近地面，其位置在海平面數千尺之上，南北長約二十哩，東西闊亦相
若，硝石層之上爲黏土砂礫石膏等層。

吾國蒙古硝石產量亦豐，甘肅省黃河以北之地，據俄人調查，富硝石，其礦區綿
延三百公里，爲甘肅最有價值之礦產，含硝成分，不亞智利所產者，平均含硝約百分
之三十六，甘肅人間有取以爲肥料者，惜尙未大規模開採也。

智利硝石礦之組成及精製法

智利硝石礦之組成，因產地而異，今舉三種分析成績列表如下：

成 分 \ 類 別	第一種 %	第二種 %	第三種 %
硝 酸 鈉	三四、二	三四、四	四三、三
硝 酸 鉀	一、六	—	—
碘 化 鈉	〇、二	—	—

氯化鈉	三二、〇	四、〇	微 跡
硫酸鈉	八、四〇	一、六	二五、三
硫酸鈣	六、三	一、六	—
硝酸鎂	二、〇	五、四	三〇、九
不溶解品	一四、〇	四九、七	〇、四
水分	—、—	—	—

採取智利硝石之方法，與採取他礦同，將地間之風化土層及砂層去掉，用鑿、鑿穴，而達智利硝石礦層，裝置火藥，爆發後，將破碎硝石取出，用粉碎機粉碎之，置於溶解罐中（罐底可以移動）加水溶之，加熱，同時通以蒸氣使沸，賴蒸氣噴射力，以攪拌罐中硝石，使可溶解物質溶解，其不溶解者，冷後洗於罐底，然後將溶解液取出，復加熱蒸發。至溶液比重為 1.55 時，移置冷卻槽中，曝於日光下，令之結晶，而成智利硝。其不溶解之沉澱，謂之母液。再加水洗之，以之混於新溶解硝石中，可反復使用數次。如此製出之智利硝常含多量之氯化鹽，有害於作物。現在製法改良，從溶解罐取出之溶解液，先入第一槽，因過氯化鹽溶解度小，先於第一槽中洗滌，再將溶液移入第二槽，此時溶解度稍大之硝酸鈉，即行沈積矣。

施用智利硝之利弊

智利硝之優點

- (1) 智利硝為速效肥料，宜用於生長期短之作物，如氣候惡變，作物因之受傷，欲期其恢復，可用此肥。
- (2) 智利硝有刺激作用，可促進作物生長。
- (3) 智利硝有吸濕力，可以防旱。
- (4) 智利硝有增加燕麥大麥、黑麥甜菜等蛋白質之效，但過多則有倒伏之患。
- (5) 智利硝中鈉質，有代鉀之效，故施用智利硝，可以節省鉀肥。

智利硝之缺點

- (1) 智利硝施於長期作物，須分期行之，因其有效期間頗短，手續人工頗不經濟。

- (2) 智利硝易溶於水，多雨之地，每易流失。
- (3) 智利硝富於潮解性搬運不便。
- (4) 有減少作物中炭水化物成分之弊，甜菜、馬鈴薯不宜多用。
- (5) 施用過多，作物莖葉大，種實小，影響產量。
- (6) 智利硝施用過量，作物有倒伏之虞。
- (7) 連年施用，土壤變成板硬。因產生之碳酸鈉，有使土壤成膠狀之狀態。
- (8) 智利硝利於乾地作物，用於水田不甚相宜。
- (9) 智利硝常含過氯酸鹽，為害作物。

智利硝施用法

- (1) 智利硝不可作基肥，應作補肥。
- (2) 用固體智利硝，應與土壤或堆肥混用。離根三四寸施之，用溶液狀應取智利硝一公斤和水四斗施之。
- (3) 施用固體智利硝接近作物根，則變成褐色或成穴狀。
- (4) 智利硝宜分數次施用。
- (5) 每地一畝半用智利硝20—60斤分次施用，每次不得過18斤。
- (6) 不可過量，常引起作物倒伏及結實不良之現象。
- (7) 可與廐肥同用，但有機物利於脫氮細菌之繁殖，硝酸成亞硝酸，為害於作物。
- (8) 智利硝施用後成生理鹽基性反應應與酸性肥料混用，令其中和。

第二節 硫酸銨

硫酸銨為煤氣製造或焦炭製造之副產物，產量甚多，在歐美各國，除智利硝石外，要以此為重要氮質肥料，石炭中含有一至二%的氮，當經過乾溜或燃燒不完全時，全氮量之九分之一至六分之一變為，大部分由碳酸銨、硫化銨、硫青酸銨及氯化銨等而成，如加石灰乳，通水蒸氣蒸溜時，銨必化成氣體發散，如導入硫酸容器中，使硫酸吸收後，將內容物蒸發，製成濃厚溶液，即可析出硫酸銨之結晶。

粗製之硫酸銨中，常含有硫酸銨之毒質，如以之與氯化鐵液相接觸，即呈血赤色，極易檢出，據日本內山氏之實驗，硫酸銨水溶液之濃度，如在百萬分之一至百

萬分之五時，即因刺激作用，可以促進水稻、陸稻、大麥、小麥、裸麥、蕎麥，玉蜀黍、大豆之發芽，但超過百萬分之五時，確為有害。

硫酸銨之性質及效用

硫酸銨之純粹者為白色結晶。含氮氣百分之二十一至二十，二，然以之為肥料者，概為不純物，約含氮氣百分之二十。硫酸銨完全溶解於水，如供試品有不溶解者，乃混有土砂或其他夾雜物之證。肥效甚速，易為土壤所吸收，不但宜於旱田，水田用之亦有效，流失之機會少。但與石灰質及鹼性物相接觸，例如石灰、草木灰、碳酸鉀等，易揮發其阿母尼亞，不可不注意。硫酸銨易為土壤吸收者，蓋施後阿母尼亞與土壤中沸石物及有機酸鹽類化合此種狀態，不易被水洗去，却硝化甚速，故用之於普通土壤無不顯其效能，而於黏土尤甚。

施用硫酸銨之弊害

硫酸銨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，其原因如下：

(1) 因其殘餘之硫酸與土中石灰質化合及鹽基交換作用，促石灰質流失、土壤酸度愈增。大凡豆科作物及蔬菜作物所受影響最速，故石灰施用為不可少之條件。

(2) 硫酸銨有促進磷酸及加里分解之效，如單獨施用多量之硫酸銨，土壤中鈣、鎂、鈉等亦被置換而由排泄洩水流失。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。

(3) 在春季施用多量之硫酸銨，在冬季由土壤中而損失之硝酸鹽亦多。證之何克、及佛克蘭氏之試驗，每英畝地用六〇〇磅硫酸銨，此酸鹽狀態之氮氣損失為十八磅，無怪土地之日趨瘠薄也。

(4) 含石灰質不甚多之土壤，如硫酸銨施用之後，繼以早燥天氣，數日之後，理學性質即大受影響，經過長時間方可恢復原狀。故得赫銳氏主張硫酸銨之施用，只限於黏土。

(5) 硫酸銨中之阿母尼亞，可以少量被植物吸收而入於植物體，使蛋白質凝固而傷害其生命。

(6) 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。

(7) 因單用硫酸銨之氮氣肥料，使植物徒茂莖葉，較熟期晚，減少種實出產量。

硫酸銨之施用法

(1) 硫酸銨中氮與硝酸銨不同，易為土壤所吸收，但在旱地時因硝化作用，易氧化成為硝酸，故硫酸銨施用多量，則氮流失，應在植物生長期間，分數次施用。

(2) 硫酸銨為單純之氮肥，不宜單獨施用，須與磷酸及鉀肥并用。

(3) 硫酸銨為生理之酸性肥料，故配合時應選鹽基之磷酸及鉀肥施用。

(4) 同一土地，如連年施用硫酸銨，土壤有變成酸性之虞，為害植物之生長，故施用以前，須加適量之石灰，中和酸性。

(5) 硫酸銨質濃而容積小，用時宜混合乾燥之粉土，或溶解於水製成液質肥料。每一斤硫酸銨溶解於五斗半之水中。

(6) 硫酸銨不可直接和托嗎斯氮肥、草木灰，石灰等鹽基性肥料并用，否則必遺失，如并用須與硫酸銨相隔數日前後施用。

第三節 硝酸鈣

近年科學發達，氮之用量增多，故有自大氣中製氮之研究，此即硝酸鈣合成也。一八九七年雷那氏發表其空中氮氣氧化之觀察一文，其後世人方從事於空中硝酸製造。卜拉德賈及拉甫追二氏在美國之尼亞格拉藉水力發電由空中製硝酸鈉。後來那威用勃克郎，伊德二氏之方法，德國用維海爾，泡林二氏之方法，始由空中氮氣製成硝酸鈣，此硝酸鈣應用於人工業上製造之過程也。

硝酸鈣有二種，一為中和性，一為鹽基性。中和性硝酸鈣約含氮百分之一二、六至一三、二，含石灰百分之二五至二七。鹽基性硝酸鈣約含氮百分之八、四至一〇、六，含石灰百分之三九至四十五。

硝酸鈣之效用，約有數端，分述如下：

- (1) 中性及弱鹽基性者肥效大，酸性及鹽基性者肥效小。
- (2) 硝酸鈣比硫酸銨，智利硝，魚肥等之肥效為大。
- (3) 硝酸鈣施於砂土及壤土為宜。
- (4) 硝酸鈣宜於乾田，水田宜先放水而後施用。

(5) 硝酸鈣不但有氮之肥效，且具有石灰之功用也。

第四節 石灰氮

石灰氮乃利用空中之氮為肥料，是炭氮化鈣及炭 $\text{CaC}_2 + \text{C}$ 之化合物。施用此肥，對於土壤有殺虫滅菌之功，惟對於幼作物則有害，故宜播種前數週施用。石灰氮之製法分兩步第一以生石灰及木炭於電氣爐中熱至 3000°C 即生炭化鈣。第二以空氣通過燃燒極熱之銅屑，使銅氧化而餘氮，然後將氮氣通至炭化鈣中，則成石灰氮矣。

石灰氮含氮百分之二〇至二十一，鈣約百分之四十至四十二，炭約百分之一七至一八其他百分之九。茲將石灰氮之優點列下：

- (1) 石灰氮為中性肥料，施用後土壤并不劣變。
- (2) 石灰氮乃肥料而兼有驅蟲除草之功，如百合害虫及野生芥菜。
- (3) 石灰氮亦土壤之一種良好消毒劑，可以防作物之病害。
- (4) 石灰氮為禾穀類及根菜類之有效肥料。

石灰氮之施用法分述如下：

- (1) 石灰氮用作基肥，須在播種前數週，使其分解。
- (2) 石灰氮用作補肥，不可多施。
- (3) 石灰氮施下，宜以土掩蓋，萬勿及於作物之莖葉。
- (4) 石灰氮具吸濕性，并不宜與過磷酸鈣，人糞尿混用，否則有減少肥效之作用。

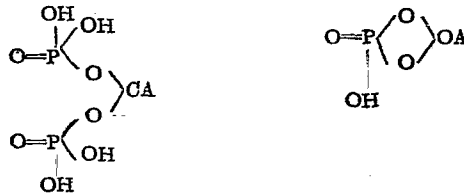
(5) 石灰氮可與廐肥堆肥等同用，因此等肥料，有多量之細菌存在，可以促進石灰氮之分解。

如以包耳普理司之方法，於碳化鈣中加十分之一至二。五氧化鈣，熱至 700°C 至 750°C 然後以氮氣通之，所製之產物，名曰氮石灰，其中含有氯化鈣，具及濕性易潮解，須密藏之。

第五節 過磷酸石灰

磷酸為三鹽基性酸與石灰之化合物，其化合物約有四種如下：

- 1. 磷酸一石灰 $\text{CaH}_2(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$



2. 磷酸二石灰 $CA_2H_2(PO_4)_2 + 2H_2O$ 或 $CAHPO_4 + 2H_2O$

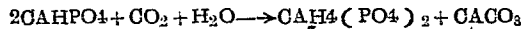
3. 磷酸三石灰 $CA_3(PO_4)_2$



4. 磷酸四石灰 $CA_4P_2O_8 = 4CQOP_2O_5$

磷酸一石灰可溶解於水，磷酸二石灰不溶解於水，而可溶解於枸橼酸鹼液或炭酸水，磷酸三石灰亦不溶解於水，且不溶解於枸橼酸鹼液。磷酸四石灰雖不溶解於水，但大部分能溶解於枸橼酸鹼液。

磷酸三石灰所以溶解於炭酸水者，乃由左示之化學反應，變成磷酸一石灰之故。



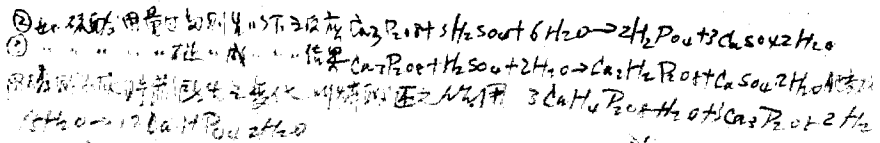
磷酸二石灰 磷酸 水 磷酸一石灰 磷酸鈣

過磷酸石灰為適量之硫酸加於磷礦，骨粉，骨灰等，使不溶之磷酸變成可溶性之物質。大部分為磷酸一石灰和硫酸石灰之混合物。

過磷酸石灰之製法

過磷酸石灰之製法，在十九世紀初葉已見端倪，而應用於農業，則歸功於德國農業化學家李比希氏。(Liebig)同時勞氏(Lawes)於一八三九年，在英國之洛錫母斯特德試驗場，用其池之無機性磷酸石灰做原料，製出過磷酸石灰，並施行肥效之試驗證明肥效之顯著，此後過磷酸石灰之製造，因之增加。

現行之過磷酸石灰製造法，先用粗碎器及細碎器將磷礦碎成粉末，用篩篩過，得磷礦細粉，加硫酸使成流動體後，流入磚壁之室中，放置十時，使液體凝結成過磷酸石灰塊，再行捏出，用切斷器搗成細粉，裝入倉庫中，可以隨時包裝出售。最初製



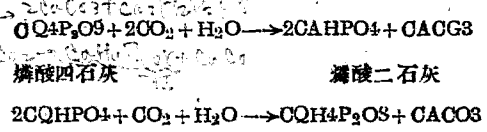
過磷酸石灰所用之原料，為骨灰及骨粉，近來多用磷礦石，磷灰石，磷灰土，含磷礦，瘤塊狀，海鳥糞等。

過磷酸鈣施用注意事項

- (1) 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，且以含有有多量磷酸石灰，間接之效果不少，施於土壤後雖變為磷酸二鈣，然遇土中碳酸及其有機酸溶液，再變水溶性。
- (2) 過磷酸石灰適合於普通之耕土，而不適於砂土及酸性土。
- (3) 如與酸性之氮質及加里肥料混用時，須先用石灰以中和酸性肥料質之酸。
- (4) 與有機質肥料綠肥、堆肥、豆餅等并用為宜。
- (5) 過磷酸石灰質濃而容積小，當施用時，宜混以數倍之乾土粉末，用之於水田，宜先排水後，撒布田間，並與泥土攪拌，使溶解性之磷酸，為土壤所吸收，用之於旱田時，亦宜在播種前施用，以免過磷酸石灰與種子或幼植物之根莖葉相接觸。
- (6) 過磷酸石灰之用量，宜視其品質，土壤，作物之種類而異，普通每畝以二十斤至四十斤為宜。
- (7) 過磷酸石灰與生石灰、硝石灰、草木灰、湯馬斯、石灰氮氣等合用時，則其溶解性之磷酸變為不溶解時，應與此肥料隔數日分別施用之。

第六節 湯馬斯磷肥 (Thomas Phosphate)

湯馬斯磷肥為製鉄時所生之副產物，一八七九年英人湯馬斯及基爾克利特兩氏發明製法，因用湯馬斯之名義獲得特許，故有此名。湯馬斯磷肥普通為暗褐色之粉末，其組成因原料之品質及石灰之用量等而不同，但普通皆含一七%之磷酸，一二%之氧化鎂，七%至一五%之氧化三價鉄及二價鐵，此外尚含多量之矽酸及少量之氧化鋁，氧化錳等。湯馬斯磷肥中之磷酸，大部分為磷酸四石灰，因磷酸四石灰中，石灰之含量比磷酸 (P₂O₅) 多，故親和力極弱，施於土壤時，常被碳酸，腐植酸等所分解變成可溶性磷酸。



此磷肥之肥效，雖不及過磷酸石灰，然以其易為地下水所浸溶，優於自磷燐三石灰而成之諸種肥料，魏格爾 (Wagres) 氏以炭酸水處理此磷肥，及燐灰土之粉末，結果前者溶解86%，後者僅溶解8%，更以檸檬酸亞母尼亞液代碳酸水用之，前者之溶解量達於74%，後者不過4%，此亦足證湯馬斯之有效矣。

湯馬斯磷肥施用法

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。其肥效等於過磷酸鈣二分之一，其用量宜比過磷酸鈣稍多，普通多用作基肥，施之於桑、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厩肥混合而後用之，蓋此堆肥之鈣能促進堆肥或厩肥之腐熟。而堆肥或厩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。此磷肥為鹽基性肥料，用之於中性土壤時，應選磷質及加里酸性肥料為宜，如硫酸銨及硫酸鉀等。

第七節 鉀質肥料

鉀質亦為肥料三要素之一，與氮磷有同樣之重要。在先東西各國，皆用灰類以作鉀肥，近世因原料缺乏，乃改用德國之斯太斯爾特礦 (Stassfur) 之鉀鹽。此礦之生成，乃由地質之變動，內海與外海之連絡斷絕後，內海之海水因天氣炎熱而蒸發，海水所含之各種鹽類，因溶解度之高低，漸次析出，終則堆積成層。此鉀鹽礦含有鎂鈉及鉀等鹽類，組織複雜，礦之面積約數方哩。雜於地而下約自二千尺至三千尺，所產之鹽，用為肥料者始自一八六四年，當一八六〇年前鉀鹽尚視為廢物，自李比希氏之礦物說出，始有利用礦物之意，至一八六四年此礦之肥料價值，方為世人所注意焉。

鉀鹽類之成分，各有不同，茲列其平均成分於下：

類別 成分	氯化鉀	鉀石鹽	光鹵石	硫酸苦土石	硫酸鉀	鉀瀉利鹽
水分	三、八	五、九	二二、五	二六、七	一、八	一四、三
氯化鉀	五一、七	二四、五	一〇、七	六、四	五〇、四	一一、四
氯化鈉	一、七	二三、二	一二、二	一三、七	〇、六	一八、〇

氧化鎂	二、六	二、九	一三、六	一二、三	一、四	一〇、四
石 灰	一、八	〇、八	〇、六	〇、六	—	〇、八
硫 酸	二、四	七、七	九、七	一三、七	四三、八	二〇、二
氯	四一、四	四四、九	三八、七	三二、六	二、三	三一、一
氯化鉀	八一、九	三八、八	一六、九	一〇、六	九三、二	二一、一
食 鹽	三、二	四三、七	二三、〇	二五、八	〇、九	三三、八

一、光鹼石 (Carnallite)

光鹼石佔礦床之大部分，為褐紅色之結晶，容易吸收濕氣。主要成分為氯化鉀與氯化鎂。但普通商品除此等成分外，尚含極少之硫酸鉀，硫酸鎂及其他各種不純物。用於農業者尚少，大部供氯化鉀。製造之用。

二、鉀瀉利鹽 (Konit)

斯太斯福特之鉀瀉利鹽為堅硬之結晶體，常含有其他之雜質。此鹽因含有硫酸鎂及氯化鎂，故易於吸收濕氣，而潮解，致有結塊之弊。施用時乾用及和水用均可，宜在播種或移植前施之，如臨時施用，則非所宜，以其中含有氯化鎂氯化鈉可溶性之鹽類為害於幼芽也。對於煙草、葡萄、甜菜、馬鈴薯等施之不甚相宜。

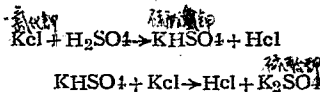
三、鉀石鹽 (Sylvinit)

鉀石鹽亦為鉀鹽之一種，含有 50% 氯化鈉及 30% 氯化鉀。近來產量甚多，價亦便宜，可作鉀瀉利鹽之代用品。鉀質含量雖多，但氯質含量亦夥，故用肥料，宜特別注意。

四、硫酸鉀 (Potassium Sulphate)

硫酸鉀之性質
 ①含有氯化鉀 20.45.7%
 ②比氯化鉀重
 ③易於潮解
 ④是土壤結晶之副產物
 ⑤是土壤結晶之副產物
 ⑥是土壤結晶之副產物
 ⑦是土壤結晶之副產物
 ⑧是土壤結晶之副產物
 ⑨是土壤結晶之副產物
 ⑩是土壤結晶之副產物

硫酸鉀有二種，一種由斯太斯福特鉀鹽精製而出，一種由氯化鉀加硫酸製鹽



以水浸鉀瀉利鹽，溶解鉀鹽，去其沈澱，將溶液分出，蒸乾即成硫酸鉀。此物易溶於水，乃濃厚之速效鉀質肥料。硫酸鉀中所含之氯化物分量甚少，無論用

石灰作用 1. 有益方面 一 中和作用 a 對於土壤中之有機酸之作用 b 對於不溶性磷酸鹽類之作用 $Fe_2(P_2O_4)_3 + 3CaO \rightarrow Ca_3(P_2O_4)_2 + Fe_2O_3$
 $Ca_5P_3O_{15} + Fe_2O_3 \cdot Fe_2(P_2O_4)_3 + 2CaO + H_2O \rightarrow Ca_3H_2(FeO_4)_2 + Fe_2O_3$ c 石灰與土壤中其他之作用 其作用之結果 其結果之化學式
 作用 $2FeSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaSO_4 + Fe_2O_3$, 兼 $SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4$
 $+ Ca(OH)_2$ Na₂CO₃ (重碳酸) + CaSO₄ → Na₂SO₄ + CaCO₃
 石灰之效果 石灰之作用有二：一是物理的，一是化學的，今將主要之效果列舉
 及腐敗作用之詳述

石灰之作用
 1. 中和作用
 2. 促進分解
 3. 促進養分
 4. 防止磷毒

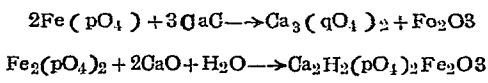
如下：
 1. 石灰能促進土壤中之肥料中有機物之分解，供給養分於作物。土壤中有機物
 大半是成腐植質之形態。而腐植質中之氮，不能直接被作物所利用，終歸無效者極
 多，如加適量之石灰，促進分解作用，氮必變成銨態或硝酸態，方被植物所利用。

2. 石灰能中和土壤中之游離酸，促進土壤中微生物之繁殖，腐植質能使土壤呈黑
 色帶濕氣，因此可改良土壤之理化化學性狀，吸收各種養分，防止流失，并助長土中微
 生物之繁殖，效力極大，如用量過多，土壤不免過濕，且防礙土壤中空氣之流通，遂
 生腐植酸，亞養化物，硫化物等，妨害植物之生育。泥炭地之不適耕種，完全由於腐
 植質過多之故，此種土壤如加適量之石灰中和酸性，不但亞養化物皆可養化生成無害
 之物質，且促進腐植質之分解。

石灰之中和作用 不但限於有機酸。對於各種無機酸亦有作用。如土壤中因施肥
 後剩餘之游離硫酸及鹽酸等是也。

3. 石灰與土壤中之無機鹽類相作用，變成可給態。凡土壤所吸收之鹽基，皆可
 與肥料中之鹽基相置換。譬如用鉀鹽溶液施於土壤，鉀之一部分被土壤吸收後，土壤
 原有之鈉，石灰、鎂、一類之鹽基，即游離出來，鉀亦與酸基相化合，如施用石灰，
 鉀又溶解成游離態，而石灰遂被土壤吸收。此種作用為土壤之鹽基交換。故石灰施於
 土壤。土壤中之鉀鹽等各種鹽基，即游離成可溶性，可供植物之攝取而利用。

又石灰能使吸收土壤中之不溶性磷酸鹽變成容易溶解之狀態，譬如，磷酸銨，磷
 酸鉍等極難溶解於碳酸水，本屬遲效性，如與石灰相作用，銨及鉍被石灰所驅逐，生
 成磷酸，石灰，使土壤中之磷酸變成速效性。



4. 石灰可以防止磷毒的害。一般泥炭地含硫酸鐵甚多，故植物生長上良。此種
 土壤如施用適量之石灰，可使亞氧化鐵氧化變成無害之氧化鐵 $2FeSO_4 + 2CaO + O \rightarrow$
 $\rightarrow 2CaSO_4 + Fe_2O_3$

又銅錳及其他重金屬妨害植物之原因，大半在於可溶性化合物直接由根吸收之故
 。此等金屬如與石灰相作用則變成無害之不溶性化合物如 $ZrSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Zr(OH)_2$

$H_2O + CaSO_4$ 不久氫氧化物分出水而成氧化物無害於植品。

5. 石灰可使黏重土壤變成輕鬆，便於耕作。此種效果，大部分由於理化學之作用。施用之石灰最初變成碳酸石灰，和土中之碳酸水相接觸時，漸次變成重碳酸石灰 ($Ca(HCO_3)_2$) 與土壤相作用，可使細微粒子凝結成大粒，故石灰有改良重黏土之作用。

6. 石灰可以改良輕砂土，變成粘着性，輕砂土之最大缺點，在於保水力及吸收力太薄弱，如加用適量之石灰，可使土壤呈粘着性，增大毛細管之引力，但施用時須和腐肥堆肥綠肥一類之有機質肥料并用，增加土中之有機質。

7. 生石灰及消石灰是鹼性，呈弱碱性反應，養化力亦強，可以撲滅雜草、害虫、病菌等。

濫用石灰之為害

石灰之效果雖如上述，但施用過多往往發生種種之妨害今就最顯著者列下：

(1) 使地力消耗 施用多量之石灰時，因間接之作用使土壤中養分一時變為可給態被作物所吸收而利用之甚多，故地力急劇損耗，化成瘠地。

(2) 使土性惡變 如欲土壤吸收或保蓄水分及肥料養分，非有適量之腐植物不可，故石灰之用量過多，有機物之分解過甚土性惡變。

(3) 使收穫物之品質惡變 連年施用石灰之地如不漸次減少用量，收穫量不免遞減，石灰之用量愈多，收穫品質亦惡變。譬如水田如濫用石灰，米粒消失光澤，變成脆質煮成飯，亦缺乏黏性且無香味。

總言之：雖因施用石灰，作物之收穫，稍有增加，但增加之原因，并非由石灰直接效果而來，不過土壤中所吸收或保蓄之養料，一時皆成可給態，被植物所吸收利用而已。不加他種直接肥料，最初雖可得多量之收穫，但土壤之生產力必漸次損耗，使作物之生育不良。

石灰之施用法

(1) 生石灰及熟石灰均屬鹼性，可於下種或移植前作基肥用，普通作物，及多年生桑茶果樹等，可以用之為鋪肥。

(2) 連年無直接肥料施用地，不宜加用石灰為間接肥料，應與直接肥料同施。

- (3) 石灰如與過磷酸鈣，重過磷酸鈣硫酸銨，人糞尿等混合施用，其中可溶性磷酸，有變為磷酸三鈣，及阿母尼亞有飛失之慮，故於先後施用，方可免於斯弊。
- (4) 石灰視土地及作物不同而異其施用，如整地之際，即施用石灰然後施用過磷酸鈣及硫酸銨，即無流弊之發生。
- (5) 石灰施用量，因地而異，潮濕地，乾燥地，重粘土，輕砂土，及改良有機質多之酸土，均應多量施用，深耕之土，亦應多用，淺耕之土，則少用。

二、石膏

石膏與石灰同含鈣質，惟其性質則不同。普通土壤中，亦有相當含量。如作間接肥料施用，則大佳，而尤以葱類施用石膏，以供給硫黃質，其功效甚著。茲示石膏之成分如次。

H ₂ O	20.0%	CaO	81.0%
MgO	0.1	SO ₃	49.0

石膏之間接作用

- (一) 施用石膏，土壤中所含鉀、鈉、鎂、磷等質可以生成作物利用之形態。故施用石膏之地，所長作物，含灰分甚富。據薩克斯 (Sachs) 研究，植物體中，如含灰分多，植物水分之發散力即弱。但施用石膏，植物體中則含水量頗多。灰分中鉀含量亦多。
- (二) 施用石膏，土壤中養分分解甚深，如種深耕豆科植物，極有效。
- (三) 石膏為硝化菌最良之營養分。
- (四) 石膏與骨粉同用，骨粉肥效即增，石灰與骨粉同用，骨粉之肥效減。
- (五) 石膏有固定阿摩尼亞之效。
- (六) 施用石膏，作物體中水分及蛋白質均能增加。
- (七) 石膏係酸性，以之與鹽基性，肥料配合，或與鹼性土壤中和，最為有效。
- (八) 豆科植物，馬鈴薯、蕎麥等，施用石膏最有效。

第二節 食鹽與錳鹽

一、食鹽

食鹽即氯化鈉，為古代施用之肥料。羅馬史家勃林立斯氏時代，即沿用之，為植物養分中鈉與氯供給之源。普通直接施用者甚少，大都得之於所施用之糞尿、醬油粕、及斯塔斯福特鉀鹽中，茲將用食鹽為肥料之利弊言之於次。

(一)土壤中鉀如不足，鈉可代之，故鈉亦稱之為鉀節約劑。據試驗大麥及莖菜，施以多量之氯化鈉，結果特佳。

(二)食鹽可以改良輕鬆土質，而減少輕鬆性，增加吸水性。至重黏之土，如施用食鹽，益增其黏性，而使土質硬化。

(三)食鹽間接之肥效甚大，可以使土壤中之氯化鉀、磷酸、氧化鈣、氧化鎂等，為可溶性。例如土中之磷酸三鈣，因有鈉質存在，一部分遂成可溶性之磷酸鈉，至鈣鎂等物，則成氫化鈣，氫化鎂。此物均易於流失，故施用食鹽之地，土中鈣鎂每有減少之虞。

(四)甘藍、牧草、蕎麥等作物，施以適量食鹽，可使生產增加。纖維作物，施用食鹽，非僅產量增加，且品質良好，施用於大麻，每地一畝六分，用食鹽三公斤，亞麻可稍增，不可過多。

(五)食鹽不可施用於煙草、甘藷、甜菜、甘蔗、馬鈴薯、葡萄、南瓜等。如經施用則菸草之燃燒性大減，甜菜甘藷等，所含之糖分小粉，亦大減。

二、錳鹽

錳鹽用作肥料用者，有二種，一為硫酸錳，一為氯化錳，以之與他種肥料混合於各種作物，肥效甚著。據日本農學博士內山定一氏之試驗，謂錳鹽之性質如次：

(一)錳鹽與鐵鹽二種共同施用，作物收穫增多，如單用亦有效。

(二)錳鹽與他種肥料配和施用，應呈中性和性，其效方著。如為酸性，錳，成爲氫氧化錳則沉澱，其效遂減。

(三)錳鹽作基肥者，一次施用，作補肥者，宜分次施用，施用時以水溶之。

(四)錳鹽之施用因氣候、土質、作物、等等，而有不同，概言之，少則有效，多則有害，普通施於大麥，以每地一畝六分，用硫酸錳，二——五公斤，為最當，此量

例	氮	磷	鉀
一	硫 酸 銨	骨 粉	硫 酸 鉀
二	智 利 硝	過 磷 酸 鈣	硫 酸 鉀
三	血 粉 肉 粉 魚 肥	過 磷 酸 鈣	硫 酸 鉀
四	油 精	過 磷 酸 鈣	草 木 灰
五	石 灰 氮	過 磷 酸 鈣	硫 酸 鉀
六	熟 人 糞 尿 及 廐 肥	過 磷 酸 鈣	硫 酸 鉀
七	綠 肥	過 磷 酸 鈣	木 灰
八	硫 酸 銨	過 磷 酸 鈣	草 木 灰

查此配合之肥料，其性質與各肥料之性質，往往有不相容之處，如：(1) 骨粉與硫酸鉀混合，則骨粉中之磷，易被鉀所吸收，而生成磷酸鉀，此種磷酸鉀，其性質與骨粉不同，且其磷素之吸收率，亦較骨粉為低。(2) 智利硝與過磷酸鈣混合，則智利硝中之氮，易被鈣所吸收，而生成硝酸鈣，此種硝酸鈣，其性質與智利硝不同，且其氮素之吸收率，亦較智利硝為低。(3) 血粉肉粉魚肥與過磷酸鈣混合，則血粉肉粉魚肥中之磷，易被鈣所吸收，而生成磷酸鈣，此種磷酸鈣，其性質與血粉肉粉魚肥不同，且其磷素之吸收率，亦較血粉肉粉魚肥為低。(4) 油精與過磷酸鈣混合，則油精中之磷，易被鈣所吸收，而生成磷酸鈣，此種磷酸鈣，其性質與油精不同，且其磷素之吸收率，亦較油精為低。(5) 石灰氮與過磷酸鈣混合，則石灰氮中之氮，易被鈣所吸收，而生成硝酸鈣，此種硝酸鈣，其性質與石灰氮不同，且其氮素之吸收率，亦較石灰氮為低。(6) 熟人糞尿及廐肥與過磷酸鈣混合，則熟人糞尿及廐肥中之磷，易被鈣所吸收，而生成磷酸鈣，此種磷酸鈣，其性質與熟人糞尿及廐肥不同，且其磷素之吸收率，亦較熟人糞尿及廐肥為低。(7) 綠肥與過磷酸鈣混合，則綠肥中之磷，易被鈣所吸收，而生成磷酸鈣，此種磷酸鈣，其性質與綠肥不同，且其磷素之吸收率，亦較綠肥為低。(8) 硫酸銨與過磷酸鈣混合，則硫酸銨中之磷，易被鈣所吸收，而生成磷酸鈣，此種磷酸鈣，其性質與硫酸銨不同，且其磷素之吸收率，亦較硫酸銨為低。

肥料配合與成分之變化

肥料經配合後，即起化學作用，其間要素之變化至鉅，如配合得當者，肥料中新變成之要素，可以直接為作物所吸收。不然，或則肥分損失，或反致有害，茲分別述之如下：

(1) 肥料成分之損失

(甲) 銨態氮之損失 人糞尿硫酸銨一類含有銨態氮之肥料與石灰，草木灰託馬斯磷肥，石灰氮一類之化學鹽基性肥料直接相混合時，生成游離鹼，使氮素發散。

(乙) 硝酸態氮之損失 中性硝酸鹽，加入過磷酸石灰一類酸性肥料長期放置時，硝酸態氮漸次分解而成硝酸酐，使氮素逸散。

(2) 肥料成分之惡變

(甲) 磷酸還原 過磷酸石灰及重過磷酸石灰，如與石灰、草木灰、託馬斯磷肥石灰氮一類鹽基性肥料相混合時，引起磷酸還原作用，使可溶性磷變成不溶態。

(乙) 物理狀態之惡變 有許多肥料相配合後，對於成分雖無直接影響，但因吸濕而固結，或發生有害氣體，使配合肥料常感不便。如用石灰氮，託馬斯磷肥，石灰，草木灰一類之肥料與鉀海利鹽或硫酸鹽相混合，經過長期之放置，即吸濕固結處理不便。

(3) 配合後不生惡影響

兩種肥料配合時，往往生置換作用，養分既無遺失，性質亦不惡變，反可利用甲

肥料之優點補乙肥料之劣點，而得美滿之結果。如智利硝石與適量之硫酸銨相配合時，引起化學之變化生成硝酸銨及硫酸鈉，可使智利硝之潮解性減小，並可中和硫酸銨之生理酸性，貯藏及施用均感便利。

各種作物所需肥料之公式

各種作物，所需肥料，各有不同，豆類作物，富於氮質，宜多施含磷鉀二質之肥，禾穀類及其他類作物，則宜三種原質兼施，惟各有多寡之別，茲按瓦斯萊 (Van Slyke) 氏所定之各種作物所需肥料公式列之如下：

(一)	豆類	180
(二)	禾穀類	385
(三)	蔬菜類	480
(四)	牧草類	469
(五)	果木類	250
(六)	根菜類	387

上列之數，如豆類作物一八十者，即一份氮肥，八分磷肥，十分鉀肥之意。施用肥料之時，若準肥料中所含氮磷鉀三原質之量，而配成一與八與十之比例，則此種肥料施諸豆類作物之田地中絕無過多與不足之弊也。

今將美國農部發表之肥料能否配合簡圖列左，以供施肥時之參考。



水格多敏液 N:P:K = 4:3:2 Kg 當時每人
臺北道精製 Ca 試驗如下：

石灰	過磷酸	硫酸銨	鉀肥	%
15	10	20	10	N
15	10	20	10	P
15	10	20	10	K

- (1) 表中虛線連合之肥料，不論何時均可配合。
- (2) 表中雙線連合之肥料，僅宜於施用時臨時配合。
- (3) 粗線連合之肥料，切不可配合，如欲必要時，當先後數日施用。

第二節 肥料之施用

一、需肥之推測

- (1) 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，表土常有白色物之凝集。含有豐富石灰質者，加以鹽酸或其他強酸，有泡沫之發現，反之則需要石灰之証。

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。蓋黏土富於鉀質，而缺少磷酸及石灰質，故此種土壤，宜注意石灰及磷酸之施用。砂土粗鬆，吸收力弱，植物之營養分均感缺乏，故氮磷鉀三要素均宜供給。分次施用。腐植土富於氮質，鉀質及磷酸有施用之必要，排水之後，施以此肥，最為有效。

- (2) 植物生長狀況 甲、氮氣 如土壤理學性質良好，作物生長之環境亦適，但莖葉短小，葉微黃，開花早，結實少，普通為有效，氮氣供給缺乏之証。倘作物枝葉徒長，或花、芽、果實發育不完全者，為氮氣過多，而磷鉀不足之徵，宜避免氮肥之施用。

乙、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，施用多量氮肥於禾穀，常有此種現象。

丙、鉀 如玉蜀黍、白菜、馬鈴薯、番茄等作物生長茂盛強健，則該地不缺之鉀之化合物。反之植物莖葉雖茂，而軟弱易脆，或易罹疾病害者，是為缺乏鉀質之表現。

- (3) 土壤之分析 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，或差之天淵亦不鮮。雖然土壤之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。據麥克(M. Maerckel)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，通常為需磷及鉀之證。

二、施肥與土壤氣候及作物之關係

(1) 氮氣肥料 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。

乙、土質疏鬆，雨水多之地，不可施用硝酸鹽類之肥料，或於生長期中分次少量施用，水田不宜用。

丙、雨量少，土壤乾燥，速效性氮肥優於綠肥及厩肥，但用量宜少。

(2) 磷酸肥料 甲、磷酸肥料施用後有早期成熟之效。

乙、土壤中缺乏石灰質時，施用湯馬斯磷肥及骨粉為宜，反之則用過磷酸石灰。

丙、土壤具強酸性反應時，施用過磷酸鈣有沈澱鐵鋁及減少毒害之效，且幼植物生長良好。

丁、多數豆科植物需要較多量之石灰及磷酸、骨粉、海鳥糞皆可施用，蘿蔔及其他根莖類作物需要速效性磷肥。

(3) 鉀質肥料 甲、土壤中缺硫、鎂、鈣者，可用硫酸鉀、碳酸鉀等施用之。

乙、德國產鉀礦，常含食鹽，有損失煙草之品質。

丙、雨多之地，施用鉀鹽礦，雨量小之地，施用鉀質濃厚之肥料。

三、施肥之方法

(1) 撒施 不問肥料之形狀如何，於播種或移植前數日撒肥料於圃場之全面積，歐美大農制多用之。

(2) 條施 沿行列而施肥料於其間，彼條播之棉花、小麥、甘蔗等之施肥是也。

(3) 穴施 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，成施肥量少者概用此法。

(4) 環施 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，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。

(5) 頂施 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。

(6) 側施 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。

(7) 底施 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。

(8) 觸施 將種子與肥料同時施入土中，二者互相接觸，即所謂觸施用也。

要而論之，肥料之為揮發性者，宜取團施法，以免養分之發散。肥料之尚需養化者，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，鉀肥次之，磷酸肥料鮮有為害者。

四、各種作物之施肥法

(1) 水稻

沖積土或其他結實壤土，排水良好之低地，皆為水稻之良好生長地，有機質過多之泥炭地則非所宜。關於水稻之施肥量因土地肥瘠而有多寡之別，灌溉水之成分，亦有大關係。據意大利稻作試驗場落凡里 (Novelli) 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：

氮氣 (N)	110磅
磷酸 (P ₂ O ₅)	85磅
加里 (K ₂ O)	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：

- a. 稻對於硫酸及鉀吸收力強，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，有如次之順序，氮磷鉀。
- b. 需要氮素及鉀最早，磷酸較遲，穗孕前期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。
- c. 氮素肥料中十分之六應用有機質氮素肥料，如人糞尿，大豆餅等，其餘十分之四用阿母尼亞之無機質肥料。

d. 磷酸肥料大部分施用骨粉為理想的，但以經濟的關係，可以過磷酸石灰代替，鉀肥無論草木灰，氯化鉀硫酸鉀均可使用。

e. 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，鉀3.5至7.5公斤。然土地有肥瘠，施肥量自各有不同。據吉可布之試驗成績則稍有出入。

(2) 麥類

a. 麥對於三要素之需要如下列次序，磷素、磷酸、鉀。又氮素量探麥需要量最多，小麥次之，大麥又次之。磷酸則小麥需要較多，鉀則大麥較多。

b. 麥與稻同為禾本科作物，有同樣之特性，即吸收鉀及磷酸之力頗強，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。

c. 氮素之吸收在播種後一二個月中微量，異年二月下旬寒氣漸退之時吸收漸強，孕穗期前吸收量盛，此後又漸減少。

d. 施肥量每中畝氮氣六斤至十斤，磷酸五斤至七斤，鉀四斤至七斤。

e. 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此時可施二成五，第二次在二月中旬，施用其餘之二成五，麥類施肥不宜過晚。

(3) 豆類

豆科植物之優點，在於攝取空中游離氮而利用，但不善吸收磷酸及鉀，是其缺點。故對於此類作物，除瘠地外，於生長之初期，只須稍加氮肥料，以後則不必特別施用。但須磷酸及鉀肥料充分施用即可。就中鉀之養分，如果施於播種時，不如稍早施用，效力尤著。又豆類往往因施用石灰，增加收穫量。因石灰不但為豆類營養上之必需，且可使土壤中鉀易被植物所吸收之故。又此種作物抗酸性較弱，不適酸性肥料，故用鹽基性之草木灰效力特大。

(4) 根菜類

一般根菜類含鉀及氮甚多，因吸收土壤中鉀之能力甚強，故對於此種作物，如果直接施用鉀肥，不如於前次作物栽培時，先施多量之鉀肥料，供此期需用。但亦因種類之不同，性質稍異。如蕪菁類對於表土養分之吸收力甚強，尤以吸氮力常較禾穀類大，對於磷酸吸收力則弱，故磷酸用量宜多。甜菜及菜蕪之根長，吸收磷酸及鉀之力

大，氮素力弱。故多用氮肥，又馬鈴薯及甘藷一類含澱粉之根菜，鉀肥料須與磷酸肥料并重。

(5) 棉花

棉花由土壤吸收多量之養分，但僅將棉花纖維售出，而以棉子粕葉等返諸土壤，則所需之肥料并不甚多。茲據江生 (N. H. Jahson) 所著之 Cotton 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 ₂ O ₅)	86 (磅)
鉀 (K ₂ O)	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 ₂ O ₅)	20—24 (磅)
鉀 (K ₂ O)	40—45 (磅)

棉作究需若干之養料亦可於美國南密士失必州農事試驗場之結果，而得一參考：

三要素與棉花產量之試驗成績表

	每英畝施肥磅數			棉花產量(纖維及種子)	
	R05	N	K20	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	二八八(磅)	七四七(磅)
N	—	一八、六	—	七七四(磅)	五五八(磅)
NP·K	三八、四	一八、六	二九、七	一三五(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試驗之報告，每公畝用 Z·5·35 公斤，P₂O₅·8 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。

第三節 肥料之試驗

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手經濟而有效之施肥法。

一、肥料試驗之方法

普通試驗肥料之方法有二種，一是盆栽試驗，一是場圃試驗，盆栽試驗，研究植物之營養及肥料之效果等。場圃試驗，是用前者所得之成績應用於實地，試驗效果如何。

盆栽試驗，普通用洋格納氏設計之鉢盆或磁盆。用時先置砂礫於盆底，土鋪細砂，厚約二三寸，再加篩過之土壤，因肥料之種類或搗成粉末混合於土壤中。如為硫酸銨，智利硝石，硫酸鉀一類之可溶性肥料，不可施於播種以前，須先製成液肥。等到植物發芽後分做數次施用。於上述植物盆外，或用直徑二三尺，高四五尺之鉢製無底圓筒，或三尺方之木框，亦可實行試驗。圓筒及木框，須掘地成坑，埋於地下，上端高出地面一二寸，中置砂礫土一層，再加篩過之細土，但此時圓桶或木框內之土壤表面，須與外部成水平，如內部高於外部，表土不免乾燥，反之，如低於外部，又恐過濕。

二、養分計算法

肥料試驗所用之養分量，如為化學肥料，可由分子量算出，普通肥料，可由分析表計算，今舉例計算如下：

今假定用硫酸銨、磷酸鈉、硫酸鉀三種肥料，供給三要素於方三尺之木框施肥量如與每畝用氮四畝，磷三畝，鉀二畝相當，問一框之用量若干：



$$\text{N}_2 : (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 4000 : X$$

$$\frac{28}{132}$$

$$X = \frac{132 \times 4000}{28} = 18857 \text{ 克} \dots \dots \dots \text{一畝之用量}$$

但一框之面積等於一畝之 $\frac{1}{2000}$ 用前數乘 $\frac{1}{2000}$ 得一框之用量如下式 $18357 \times$

$$\frac{1}{2000} = 9.4285 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{一框之用量}$$

(2) 磷酸鈉 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$)

$$\text{P}_2\text{O}_5 : (\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}) = 3000X$$

$$142 \qquad 716$$

$$X = \frac{716 \times 3000}{142} = 15127 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{一畝之用量}$$

$$15127 \times \frac{1}{2000} = 7.5635 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{一框之用量}$$

(3) 硫酸鉀 (K_2SO_4)

$$\text{K}_2\text{O} : \text{K}_2\text{SO}_4 = 2000 : X$$

$$94 \qquad 174$$

$$X = \frac{174 \times 2000}{94} = 3702 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{一畝之用量}$$

$$3702 \times \frac{1}{2000} = 1.851 \text{ 克} \dots\dots\dots \text{一框之用量}$$

供試品之土壤中溫度，必須嚴密調節，普通盆栽之澆水，於盆之下部備小口，由小口澆水後，因毛細管引力之作用，漸次浸潤表土，檢定水量，達濕潤之程度為止。除特殊情形外，切不可由表土直接澆水，因直接澆水，必使表土硬化，妨礙空氣水分之流通。

二、肥料試驗之種類

(1) 肥料三要素試驗

此種試驗之目的，乃檢定三要素之天然供給量證明三要素中何種成分最有補充之必要。普通設立五區如左，但養分以外之生長條件，各區皆須一律，不可參差。

- | | |
|--------|---------------|
| 第一 無肥區 | 完全不用肥料 |
| 第二 無氮區 | 施用充分之磷酸及鉀而不施氮 |
| 第三 無磷區 | 施用充分之氮及鉀不施磷 |

第四 無鉀區 施用充分之氮及磷酸而不施鉀

第五 完全區 氮磷酸及鉀用量皆充足

普通對於各區皆施適量之石灰，中和肥料中所生之酸性。供給三要素中氮用硫酸銨，磷酸用磷鈉，鉀用硫酸鉀，類之化學肥，較為便利。

用各區之收穫量至相比較，可知供給土壤中何種成分最多。何種成分最少，如無氮區之收穫量最少，與無肥料區無甚區別，可知此土壤中之氮成分為最缺乏。如無磷酸區之收穫量，與完全區無大差異，可知土壤中有有效磷酸之食量甚多。

(2) 肥料三要素適量之試驗

此種試驗之目的，是對於某種土壤，某種作物，檢定三要素之適量若干，普通對於試驗之要素各設若干區，施用種種差分量，其餘二要素各區皆充足。如試驗氮之適量，則依下之分區。

甲、氮適量試驗

第一	無 氮 區
第二	一 畝 氮 區
第三	二 畝 氮 區
第四	三 畝 氮 區
第五	四 畝 氮 區
第六	五 畝 氮 區
第七	六 畝 氮 區
第八	七 畝 氮 區

乙、磷酸適量試驗

第一	無 磷 酸 區
第二	一 畝 磷 酸 區
第三	二 畝 磷 酸 區
第四	三 畝 磷 酸 區
第五	四 畝 磷 酸 區
第六	五 畝 磷 酸 區
第七	六 畝 磷 酸 區

第 八	七 畝 糞 酸 區
丙、鉀適量試驗	
第 一	無 鉀 區
第 二	一 畝 鉀 區
第 三	二 畝 鉀 區
第 四	三 畝 鉀 區
第 五	四 畝 鉀 區
第 六	五 畝 鉀 區
第 七	六 畝 鉀 區
第 八	七 畝 鉀 區

(3) 肥料種類試驗

此種試驗之目的，在於比較肥料之效果孰優孰劣？并非用氮肥料與磷酸肥料，或用氮肥料與鉀肥料一類之異種肥料相比較，僅就數種同種類之肥料，確定優劣而已。譬如對於某種土壤，某種作物施用磷酸時，確定磷酸石灰中之磷酸與仲馬氏磷肥中之磷酸，效果孰大。可設試驗區兩處，一用過磷酸石灰，一用仲馬氏磷肥，各區之磷酸用量，彼此相同，又須施用充分之氮及鉀肥料。

(4) 肥料同價試驗

此種試驗之目的，用同一之價格，將三要素適量配給起來，製成最經濟之肥料如氮肥料同價試驗，磷酸肥料同價試驗及鉀肥料同價試驗等。

(5) 施肥時期試驗

此試驗之目的，在以同種同量之肥料，而試其何時施用，最為有效而經濟。

(6) 肥料調製試驗

此試驗之目的，在試何種調製法最為有效。

(7) 施用法試驗

此試驗之目的，在於如何施用，方為有效。

四、肥料試驗上之注意

實行肥料試驗時，非有熟練之技術與嚴密之注意，方可得正確之成績。今將肥料試驗時之注意點列之如下：

(1) 試驗之目的須單純

譬如：試驗施肥量時，同時又作試驗施肥期，如此成績錯亂，不能正確，故目的必須單純。

(2) 試驗肥料成分時，供試之作物，須選特別需要此種養分者，譬如試驗氮肥時，須擇禾穀類，試驗磷酸肥料時，須擇豆科作物或禾穀類，試驗鉀肥時，宜用豆科作物。

(3) 作物生育上必需之條件，除試驗事項外，一切皆須一律。

土壤之肥瘠，深淺，乾濕以及日光之透射，空氣之流通等天然要素自不待言，即作物之種類，種苗之善惡，播種或移植之深淺及間隔，乃至一般加工等屬於人為者，各區亦須一律。並須注意土壤及肥料之反應。

(4) 試驗地須於一年前作物生育時檢定，先選生育相同之數處，在着手試驗以前，不施肥料耕作一二次，以求地方平均。

(5) 同一之試驗務須行數次

如求成績之正確，對於同一之試驗，必須設三處及至五處之試驗區，求各區成績之平均數，方可減少誤誤。

(6) 比較試驗時所用之肥料，須擇性質相似者。

比較肥料效果之優劣，非用同質之肥料不可，磷酸肥料不能與氮肥料相比較，直接肥料亦不能與間接肥料相比較，因性質不同之故。

(7) 比較肥料成分之效驗，除所比較之一成分外，其他成分之用量必須充足，不可因其他成分之不足，使成績發生影響。

譬如：試驗油餅中之氮與硫酸銨中氮，肥效孰優孰劣時，油餅中除氮外，尚含有大量之磷酸，必要算出所含之磷酸量，再用同量之磷酸加於硫酸銨。否則效果究竟從何種成分發生，亦不得知。

(8) 試驗肥料之效果，不能算就一次耕作之成績，須繼續檢定數次耕作之效果，尤其是磷酸質肥料，尤須多次試驗。

(9) 各試驗區作物之發芽開花成熟時期，及一定期間之生育狀態，皆宜精確調查。

(10) 判定試驗之結果，不宜僅用部分之收穫量作標準，須用全區之收穫量作試

驗之概況。

五、試驗區之處理

(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。

$$\frac{1}{25} \text{中畝} = \frac{1}{4} \text{公畝} \text{即} 20 \times 12 \text{尺} = 240 \text{平方尺}$$

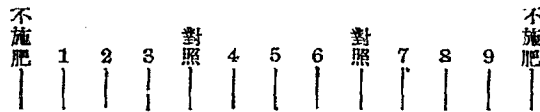
$$\text{或} 4 \times 6.25 \text{公尺} = 25 \text{平方公尺}$$

$$\frac{1}{50} \text{中畝} = 20 \times 6 \text{尺} = 120 \text{平方尺}$$

$$\frac{1}{100} \text{中畝} = 10 \times 6 = 60 \text{平方尺}$$

(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，區之四角預埋木椿與地面齊，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；如次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，其佈置如下示。



對照區用天然肥料，其所用之N·P·K·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，務分別為之，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，并須與欲所試驗之肥料成分，有

密切之影響者。播種宜較平常為密，且後再行間拔使疏，免有生長不齊難於補救之弊，水稻或須移植者在此例外。

(肥 料 部 終)

寫於北大農學院化學教室

民 國 三 十 二 年 六 月

講 師 張 德 馨 編 訂



病虫害試題

第二次臨時試驗

92分

楊管如

楊蕊

楊蕊

一、蚜虫加害棉之何部參照吾國目前農村經濟狀況應用何法驅除為宜並指明其一種配製

方法。

二、紅蜘蛛以種^何氣候最適其孳生並述其經濟驅除劑配合法。

三、棉作病害通常防除法共有幾種。

四、炭疽病加害棉之何部並舉出其秋後預防法。

毒瓶之作法及使用。先将毒素钾或将青取钠捣碎置入瓶内青酸
钾上置脱脂棉一薄层平。再将热石膏用木杵成糊状倒入脱脂棉
上。将凝固时用针刺成多数小孔以便气体露出。

用途。将捕鼠之成虫头向下置入毒瓶内任其在盒中即窒息而死但
鞘翅之昆虫不可用此法因翅目类昆虫或脆弱之昆虫同置入瓶内
以免为损。

注意。青酸钾之挥发有毒若吸之过多有害身体。

凝固石膏之洗净法 $CaSO_4$ 。石膏加水不久即成块若中夜有凝固
如不熟若用过久则气体逸尽故除去石膏须倒置瓶于石膏上即
可取出。

20000

20000