

農 業 叢 書

土 壤 學

李 新 一 編

中 華 圖 書 社 發 行

編輯大意

一、本書編輯宗旨，在供從事農業者，初級農業學校，或普通中學校農業科研究之用。

二、本書取材豐富，文字異常簡明，以圖時間經濟。

三、本書與肥料學、作物學等關係較切，讀者可互相參証。

四、本書出版倉卒，舛誤在所不免，幸祈高明指正。

土壤學

目次

第一章 叙論	一
第二章 土壤的生成	三
第一節 岩石的風化作用	三
第二節 岩石的種類	一五
第三章 風化物的堆積和搬運	一八
第一節 定積土	一八
第二節 運積土	一九
第三節 定積土和運積土的分類	二一
第四節 溶解的風化物及其移動	二二
第四章 土壤中的無機成分	二五
第一節 氣體	二七

第二節	液體	二八
第三節	無機的固體成分	二九
第四節	土壤中養分之分類	三七
第五章	土壤中有機成分	三八
第一節	有機物分解及其與外界的關係	三九
第二節	腐植質的生成	四一
第三節	腐植質的化學性質	四三
第四節	腐植質的形態及土中腐植質的分佈	四七
第五節	腐植質的效用	四九
第六章	土壤的形狀	五〇
第一節	土壤的物理成分	五一
第二節	土壤的機械分析	五四
第三節	土壤的組織	五七

第四節	土壤的位置	五九
第五節	土壤的貯貯	六三
第七章	土壤的性質	六二
第一節	土壤的顏色	六四
第二節	土壤的嗅感和味感	六五
第三節	土壤的重量及空隙	六六
第四節	土壤對於水分的關係	六七
第五節	土壤的通氣性及容氣量	七六
第六節	土壤與溫度的關係	七九
第七節	土壤的凝集力黏着力及摩阻力	八九
第八章	土壤的吸收力	九一
第一節	土壤中養分的吸收力及其種類	九二
第二節	鹽基及酸性的吸收	九四
第三節	土壤吸收力的檢定法	九六

第四節	吸收作用的效果及弊害	一〇〇
第九章	土壤中的微生物及其作用	一〇三
第一節	土壤中細菌的種類	一〇三
第二節	土壤中細菌的數量	一〇三
第三節	細菌生活與外界的關係	一〇五
第四節	土壤中的絲狀菌	一〇七
第五節	土壤中的原生動物	一〇八
第六節	硝化作用	一一〇
第七節	鉍化作用	一一一
第八節	脫氮作用	一一二
第九節	游離氮氣固定作用	一一三
第十節	土壤的接種	一一五
第十章	土壤的分類	一一八

第一節	以岩石分類	.....	一一九
第二節	以土壤的物理成分分類	.....	一一九
第十一章	土壤與作物及肥料的適應	.....	一一三
第一節	土壤與作物的適應	.....	一一三
第二節	土壤與肥料的適應	.....	一一五
第十二章	土壤的反應	.....	一二七
第一節	酸性土壤	.....	一二八
第二節	鹼性土壤	.....	一三一
第十三章	土壤的檢定法	.....	一二二
第一節	土壤實地檢定法	.....	一三二
第二節	實地栽培試驗法	.....	一三四
第十四章	土壤的肥瘠	.....	一二六
第十五章	土壤改良	.....	一三九

目次

六

第一節	客土法	一三九
第二節	燒土法	一四〇
第三節	灌溉	一四一
第四節	排水	一四四
第五節	施用石灰	一四五
第六節	施肥	一四六
第七節	耕耨	一四七
第八節	輪栽	一四八

土壤學

第一章 叙論

岩石上面，植物不能夠生長，所以古人有石田之喻；但其崩壞腐爛的結果，所謂土壤者，不獨可爲植物的居宅，又可供給植物所需的養分；吾人既栽培植物，以爲衣食住之所需，則對此生長植物的土壤，不可不首先研究；蓋農產物收穫的豐歉，品質的高下，與土壤有極密切關係也。

土壤不盡是岩石的崩壞物，要把它來檢查一下，則含有水、空氣、有機物質，成分非常複雜，絕非一般人所想像的簡單物。換句話說，乃是位於地殼的最上部，含岩石崩壞物及動植物分解物等的疎鬆物質，方得叫做土壤；其實質是如此，而定義則依各學者研究的目的不同，其解釋亦隨之而異，茲就農業之觀點言之如下：土壤爲地球表層的風化生長物，含有岩石

的粉粒與水、空氣及腐敗有機物的混合體，能供給植物以必要的養分，且能支持植物體者也。

土壤的界說既明，而土壤學的任務，也可以瞭然了。土壤學可分爲二種：即地質學的土壤學，及植物生理學的土壤學。兩者雖皆研究土壤的生成、性質、變化，但其目的却有不同，前者乃研究因作物栽培，及微生物繁殖，土壤如何受理化學的變化；後者乃研究土壤的理化學的性質，對於植物生育上有何重要。一爲闡明植物對於土壤的影響，一爲研究土壤對於植物的影響。

土壤學的範圍至廣，凡土壤的由來，土壤的物理的及化學的性質，土壤與植物的關係及其改良法等，都在討論之列，實爲農學上的基本科目。研究這種學科，對於物理學、化學、地質學、礦物學、氣象學、植物學等有關係學科，都應有相當的認識，才能够豁然貫通。此外，對於田野間的觀察

，及教室內的實習，也當兼籌並顧。

第二章 土壤的生成

第一節 岩石的風化作用

地球初時，由高熱的氣體，逐漸凝結而成液體，更由液體逐漸冷縮而成固體的皮殼，歷億萬年後，熱之放射愈多，表面愈結愈厚，乃成堅硬的地殼。地殼剛結成時，純爲岩石，後經自然作用所侵蝕，逐漸碎裂，更歷千萬年，遂成破塊碎粒；堅者成爲石塊砂礫，脆者則成爲粉末；是卽所謂土粒；土粒更與有機物混合，遂造成今日的土壤。

岩石受氣溫、水溼、空氣及生物等自然作用的侵蝕，因而崩壞或分解成爲碎粒，這叫做風化作用，也叫做霉爛作用。風化作用又可分爲物理的風化作用與化學的風化作用二種。前者爲岩石崩壞之原，後者爲岩石分解之

因，茲分別詳述於次：

(1) 物理的風化作用 物理的風化作用，指溫度的變化，水的漲縮，及風、雨生物等作用而言。岩石因失去凝結力，遂崩壞成細粒。這種作用又分爲三種：

(A) 溫熱作用 凡物熱則漲，冷則縮，乃物理上一定不易的原理。岩石是物質的一種，也受四季晝夜溫熱不同的影響，時漲時縮，以致破裂。岩石受溫熱而膨脹，其度因組成岩石的礦物種類不同；即係同種礦物集成，亦因品軸方向各異，脹縮不能一致。溫熱不斷的反覆變化，礦物間的結合，逐漸疏鬆，久之岩石內部，遂生細隙；繼因他種作用，得此動機而增大之，失其凝集的均衡，不至全部崩壞不止。且岩石對於溫熱爲不良導體，故外部雖受熱而膨脹，但內部依然不變，因之岩石表面，先裂成數層皮殼，終則逐層剝離；這種現象，在晝夜或日時寒暑變化甚烈的地方常見。

(B)大風的打擊作用 降雨稀少的乾燥地方，吾人所目擊的風塵消磨作用，經過許久年月，亦可使岩石崩壞。蓋烈風常揚細砂，磨擦岩石表面，使它漸次凹陷；且風能將岩石上的已風化堆積物吹洗淨盡，暴露岩面，而促成風化作用的進行。現今世界所稱爲沃土者，風積土壤殆佔最大部分，我國北部沃野數萬里，仍爲蒙古戈壁吹砂所成。北美的中部，歐洲的南部，亦有因風砂而構成新沃土之勢。

(C)水的機械作用 岩石因溫度的變化，發生無數的罅隙，雨水遂得流入其間，受嚴寒而成冰，於是體積增加，向兩側推開，岩石之小隙，因以變成大孔，馴致崩壞，這種強有力的作用，在高山和兩極寒冷的地方最盛。

此外，水能衝擊岩石，使之崩壞，如海濱的岩石，久經波浪的打擊，遂成千瘡百孔，就是這個緣故。

又在水流甚急的河流，水中的泥沙、石礫，也隨之流動，彼此互相磨擦，稜角逐漸消失，終成爲粉末；這也是水的間接作用，在急流的溪水中，常看到這種現象。

(D) 冰塊的作用 據地質學家說，六洲曾爲冰河所被，即現在歐洲的格林蘭 (Greenland) 也常看見冰塊；其厚度由數尺到數丈，順着水勢瀉下，所經過的岩石，大半都被摧毀，甚至成爲粉碎。北美洲的北部，如阿拉斯加 (Alaska) 曾爲冰塊分期經過，至今還有石痕可考。這地方土壤也較肥沃，所以冰塊的效用很大。

(E) 生物的作用 所謂生物係包括動植物而言，動物和植物也有破壞岩石的作用。樹木之根，伸入岩石裂隙中，常能擊裂大石，如熱帶的榕樹，在深山的蒼松老柏，最爲常見；又樹根深入地中，枯死腐敗以後，每成多數溝道，有促進下層土石的风化作用。

至地中的小動物，如蚯蚓、蟻、鼯鼠及他種掘穴獸，常將下層土壤，搬運到表面來，也有功於土壤的風化作用。

(2) 化學的風化作用 化學的風化作用，最主要的原因，爲由水、碳酸氣及氧等作用而起。且碳酸氣與氧，都略能溶於水中，更能增進其侵蝕力；因此，與岩石中各種成分，或化合或分解，也能變成微細的土粒。這種作用，在潮溼溫暖地方極大，在乾燥寒冷地方則極弱。

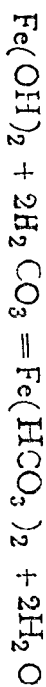
(A) 空氣的化學作用 空氣的化學作用，可分爲碳酸氣的作用，和氧氣作用二種，茲分別述之於次：

(a) 碳酸氣之作用 這種作用可分爲兩種：

碳酸化作用 凡一切物質能與碳酸結合而變成碳酸鹽的，叫做碳酸化作用。例如石灰水遇碳酸氣，則其中之氫氧化鈣，和碳酸氣結合爲碳酸鈣而沈澱。其方程式如下：



酸性碳酸化作用。所謂酸性碳酸化作用，乃係不溶性物質，遇碳酸能變成可溶性的酸性碳酸鹽。例如碳酸鈣可變為酸性碳酸鈣，碳酸鐵與氫氧化亞鐵，變為酸性碳酸亞鐵等是。

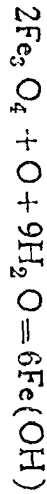
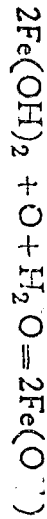


這種酸性碳酸鹽類，為極不穩固之物質，其溶液一遇空氣，極易分解。例如酸性碳酸鈣遇空氣，則碳酸鈣又復分離。酸性碳酸亞鐵則攝取氧與水，變成為褐色氫氧化鐵。

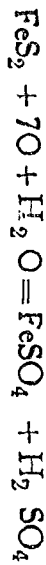
(b) 氧素之作用 這種作用也分為兩種：

氧化作用。氧化作用即與氧化合之謂。含有各種金屬的硫化物，

或低級氧化物的礦物，若暴露於空中，則起氧化作用。例如氫氧化亞鐵及磁鐵礦(Fe_3O_4)等，吸收氧及水後，就變為氫氧化鐵。

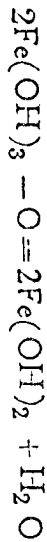


這種氧化作用時，同時須吸收水分。又如黃鐵礦(FeS_2)吸收氧及水後，變為硫酸亞鐵($FeSO_4$)和游離硫酸(H_2SO_4)。



游離硫酸為強酸性，對於其他岩石的礦物，具有極強的分解力。

還元作用 還元作用與上述之作用相反，即自含有氧素的化合物中，奪取其氧素的一部分或全部。在有機物腐敗、缺乏氧氣時，最為盛行。例如氫氧化鐵，變為氫氧化亞鐵，石膏($CaSO_4$)變為硫化鈣(CaS)等皆是。



硫化物產生後，如遇碳酸或其他酸類，就發生對於植物有害的硫化二氫 $(\text{H}_2\text{S})_r$ 。

氧化亞鐵與空氣接觸後，變為氧化鐵，若再氧化，則成為氫氧化鐵。在空氣供給不充分的土壤中，有機物分解時，氧化鐵變為氧化亞鐵，這種土壤往往帶有青色。

(B) 水的化學作用 水的化學作用，分為二種：一為溶解作用，一為加水分解作用，茲分述於次：

(a) 溶解作用 岩石崩壞之際，如其中有水溶性物質存在時，一與水相接觸，即溶解而滲入土壤的深處。但其溶解度的大小，要以下列情形而定：

時間 時間愈久，則溶解的溶解量愈多；反之則愈少。

溫度 一般鹽類，多不容易溶解於水中，大都因溫度的高低，溶解度也隨之有大小。凡溫度愈高，溶度愈大；反之，溶度愈低，溫度亦愈小。

濃度 溶液的濃度，與溶度也有關係。普通純粹的水，其溶度為最高；然經逐次物質溶解後，因溶解量增加，溶量逐漸減少；及至飽和狀態時，乃完全失去溶解力。

溶質的性質 溶質的溶度，亦視溶質的性質而定。有易溶於水的，也有不易溶於水的。一般鹽類中，如碳酸鹽類比較難溶解，而硝酸鹽、氯化物及硫酸鹽則很容易溶解。

溶質的狀態 一般膠質物質，較結晶體物質溶度為大；細粉粒物質，較粗大粒物質容易溶解。故土壤中所施磷酸鈣或骨粉等，粉粒愈細，功效愈著；市售骨粉及湯麥士磷肥的價格，往往因粉粒粗細而不同，就是這個理由。

溶液狀態 普通水中如含有碳酸、硝酸、有機物，或他種酸類時，其溶度較不含此等物質的純粹水爲大。

(b) 加水分解作用 水之作用，不獨溶解空氣中的氧氣及碳酸氣，爲與礦物或岩石中的諸成分起化合作用的媒介，而又自身投入化合中，以干預新礦物分子之構成；這干預新礦物分子構成之作用，叫做加水分解作用。例如矽酸鈉遇水，則分解爲氫氧化鈉與膠狀矽酸。



矽酸鹽礦物如長石等，受加水分解作用後，其中矽酸及鐵金屬大多流失，僅膠狀黏土殘留。膠狀黏土生成初期，尙能含蓄多量鐵金屬，繼則因加水分解作用，不絕進行之故，鐵金屬逐漸失去，遂分解爲膠狀鋁（氫氧化鋁）與膠狀矽酸；後者流失，而前者留存。

(c) 土壤溶液之作用 天然水中，多含有碳酸氣、氧及硝酸、氫等。

這種水通過土層時，則更溶有各種鹽類、無機酸等，因之對於岩石及土壤營複雜的化學作用，其分解力極爲偉大。

(D) 生物之作用 溼潤的岩石表面，常生苔蘚類及地衣類等植物，這種植物能分泌酸質，侵蝕岩石表面；而在枯死腐敗以後，則他種植物如蕨類及草本灌木等高等植物，亦隨之繼續生長，所分泌的酸質及根的破壞力，較前述植物更多而更大。且植物繁盛的地方，動物亦競來蕃植，動植物死後，屍體腐敗之際，發生多量的碳酸和有機酸，愈增進岩石的侵蝕力。又有機物在溼潤地腐敗時，極易引起氧素還元作用；所以生物對於岩石的破壞力，實在不可忽視。

上面所述的岩石破壞，係物理的風化作用與化學的風化作用。前者作用之盛衰，和氣候有密切關係；後者作用的強弱則和溫度、水分有連帶性格；如溫度高，雨量多；則化學作用盛行，反之則衰弱。

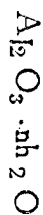
又岩石的組織和構造，對於風化的難易，也有相當關係。大概說來，粗粒狀的較細粒狀的容易風化；組織多孔隙的較組織緻密的容易風化；岩面方向或其構成物排列位置，近直立的，較之水平者，亦容易風化。就是同為一種岩石，空氣、水分易於流通的，較不易流通的，亦容易風化。

(3) 表層風化作用和深層風化作用 岩石的風化作用，據近時地質學者區別，則有表層風化及深層風化。茲分述於次：

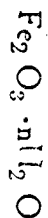
(A) 表層風化作用 表層風化作用，指地下水平面以上的部分而言。表層受上部壓力不大，溫度及水分變化甚劇，更受炭化作用和氧化作用，所以風化作用較大而較速。表層風化作用所生成的物質，大都為膠質物，其主要者如下：

- (a) 膠狀矽酸 (無色) $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- (b) 膠狀黏土 (無色) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

(c) 膠狀鋁 (無色)



(d) 膠狀氧化鐵 (黃褐或赤色)



註：上列分子式中M或N代表數值不定者。

(B) 深層風化作用 深層乃指地下水所浸潤的部分而言。這部分較表層所受的壓力大，而溫度的變化小，水中不含游離氧素，所以風化作用甚遲緩。深層風化作用的生成物，其形態與組成，都與表層風化物不同，主要為晶質物；如晶質黏土、滑石、蛇紋石、綠泥石等是。

第二節 岩石的種類

岩石分類方法，有種種之不同。如為一種礦物構成者，稱為單純岩；如為多種礦物集合而成者，則稱為複成岩。現以便宜計，按普通分類，大別為三種：一曰凝結岩，二曰沈積岩，三曰變質岩。

(1) 凝結岩 凝結岩也叫迸發岩。地球內部岩漿，從火山噴出，逐漸冷

却而凝固，爲不成層的塊狀物。凝結岩又可分爲深層岩與噴發岩二種；前者岩漿並不噴出地面，而凝固於地層深處者；如花崗岩、閃綠岩之類；後者則岩漿噴出地面而凝結；如安山岩、斑岩、蛇紋岩、粗面岩等是。茲將凝結岩的種類、重要成分，及其所造成的土壤，列表如左：

岩石類別	主要礦物成分	所造成的土壤
花崗岩	長石雲母石英	壤土
安山岩	斜長石(或角閃石)輝石	黏土
石英斑岩	長石石英	黏土
閃綠岩	斜長石角閃石	壤土
輝綠岩	斜長石輝石	黏土
玄武岩	斜長石輝石橄欖石磁鐵礦	黏土
蛇紋岩	橄欖石輝石角閃石	|
橄欖岩	橄欖石	|

(2) 沈積岩 沈積岩由於水中溶解物的沈澱，或水流運送的石礫、砂、泥，沈積而成，或由動物的遺殼，堆積而成。其斷面有層次可分，與凝結岩之成塊狀者不同；例如砂岩、黏板岩、石灰岩等，由水中的泥砂沈澱而成；石灰岩之一部，則由動物的軀殼沈積而成。茲將沈積岩的種類，要重成分，及其所造成的土壤，列表如左：

岩石種類		主要成分		所造成的土壤	
砂岩		砂粒		砂土	
黏板岩		矽鈣		黏土	
頁岩		泥質		黏土	
石膏岩		石膏			
石灰岩		碳酸鈣		石灰土	

(3) 變質岩 變質岩是凝結岩與沈積岩，受高度的強熱，或強壓力作用，變化其本質而成。其組織粒子，皆互相密接，無膠結質，這和凝結岩相

似；但其外形則成層狀，或作片狀，則又和沈積岩相似；多產於深層岩附近，或地殼變動地方；如片麻岩等是。茲將變質岩的種類，重要成分，及其所造成的土壤，列表於左：

岩石類別	主要礦物成分	所造成的土壤
片麻岩	同花崗岩	壤土
雲母片岩	石英雲母	黏土
綠泥片岩	綠泥石長石石英	綠灰色黏土

第三章 風化物的堆積和搬運

凡岩石發生風化作用後，所產生的物質，不變原來位置，仍堆積於母岩之上，謂之定積土，也叫原生土。若因風、水、冰、火山，自己的重力，或其他種動力，變更位置，運至他方堆積者，謂之運積土。

第一節 定積土

定積土可分爲殘積土、泥炭土二種：

(1) 殘積土 殘積土的主要成分，爲岩石風化產生物，成分大抵與母岩相同。不過因地勢傾斜之故，母岩分解時所生可溶性物質，或一部分微細土粒，被雨水溶解，或洗刷流失。就殘積土的斷面來看，則上層多爲疏鬆細微的土粒，稍下則爲砂礫，再下則石礫愈大，且具尖銳之稜角，最下則爲堅硬的岩塊，這就是底岩或母岩。

(2) 泥炭土 泥炭土大部爲泥炭所構成，由生於溼地或淺湖內的植物，未經充分腐敗所變成，仍多少保持植物原有的狀態，愈下層愈舊，愈上層愈新。

第二節 運積土

運積土又可分崩積土、沖積土、冰積土、風積土、火山灰土等五種：

(1) 崩積土 崩積土係土砂受重力作用，沿土地的傾斜，從山上崩落於

山麓或崖底，呈傾斜形或半圓錐形的堆積土。其內容和構造，甚形紊亂，具稜角的岩片，混雜堆積着，絲毫沒有層次。

(2) 冲積土 冲積土是岩石風化物，被流水運送到他方面堆積成功的。流水運送力的強弱，依水量及速率而各有不同。運送力強的，如河川上流的沈澱物多爲砂礫；運送力弱的，如河川下流的沈澱物多微細土粒。所以河口常因河身驟闊，水流遲緩之故，多量泥砂而成三角洲；如我國長江口的崇明島，就是最好的例証。冲積土又有河積土、海積土和湖積土三種，細加翫味，其意義便可明瞭了。

(3) 冰積土 在地質時代的冰河期，冰河流行之際，兩河側的岩石風化物，皆於其中搬運以去，迨至暖地融解而堆積之，是爲冰積土。這種土在中國曾未之見，但歐洲及美洲中部以北，其分佈的面積頗廣。

(4) 風積土 風有運搬塵砂之力，岩石風化物藉風力運到遠方，而堆積

成的土壤，謂之風積土。風積土多爲極細粉末，層序不分。其中岩片、砂礫，多具稜角，有時在山的兩側，僅一側有之，足徵其被風運來。這種土質富於碳酸鈣、碳酸鎂等碳酸鹽類，所以易與他種土壤區別。中國北部、歐洲北部、美洲中部，所存在之風積土，面積甚廣。

(5) 火山灰土 此爲一種特殊的運積土，由火山噴火時的噴出物，或流出物堆積而成。可分火山屑土、火山灰土、火山泥流土三種。其中以火山屑土，顆粒最爲粗大，火山灰土爲最細，火山泥流土則二者均有混合。日本爲多火山國，所以火山灰土區域甚廣。此土的比重極輕，乾燥時稍遇微風，卽能飛揚，概係瘠薄土壤。

第三節 定積土和運積土的分類

殘積土可視其母岩的性質，區別爲多種：如由花崗岩所產生的土壤，可稱爲花崗岩土；由安山岩所產生的，謂之安山岩土。又普通土壤，往往因

土性不同，如組織成分或有機物含量等，得區別爲各種種類，如砂土、黏土等。其土名上亦可加以母岩名稱，以示區別；例如花崗岩質砂土、安山岩質壤土、黏板岩質黏土等是。

較新的運積土及泥炭土，亦可依其生成時的地質時代，區別爲沖積土及洪積土二大類。沖積土是地質學上最新地層之土壤，即所謂的沖積層的土壤；今日江河及湖海附近所成的低地均屬之。洪積土是地質學上較古地層之土壤，即洪積層的土壤；凡山地，或丘陵的上部土壤均屬之。二者亦可於土名上加沖積性，或洪積性等名稱，以區別之。

第四節 溶解的風化物及其移動

水和岩石接觸以後，岩石本身的可溶性成分，往往爲水溶解流去，故土中所含溶液，常含有多量鹽類，其主要者如下：

鉀、鈉、鈣、鎂、鐵等之碳酸鹽類。

鉀、鎂、鐵等之硫酸鹽類。

鋁、錳、鐵等之矽酸鹽類。

各種形態之矽酸，及其他鹽類。

土壤溶液若因蒸發作用，失去一部分之水分，或所含的碳酸氣散逸，其溶力則因之減少。一部已溶的鹽基，遂至分離。又因土壤溶液中，因化學作用變成不溶性化合物時，亦生沈澱。此外微生物的繁殖，亦足為鹽類析出的原因；茲再分述之如下：

(1) 碳酸鹽類 碳酸鹽類中，植物營養上最重要者為碳酸鈣。此物遇過剩的碳酸，則成為酸性碳酸鈣，以溶解於土壤溶液中。若其中之碳酸氣一部游離，則復變為碳酸鈣而沈澱。岩石之裂罅或空隙中所存的方解石，以及山洞中鐘乳石，皆因此種作用而生成。

(2) 硫酸鹽類 土壤溶液中，分離之硫酸鹽類，石膏為之主，屢見於岩

石的裂罅，或礦脈沿邊，黏質土壤中亦含有之；水溶液析出物之硫化鐵，大概係此硫酸鹽還元所生成。

(3) 矽酸鹽類 矽酸往往以結晶石英出現於礦脈邊。至於土壤中的矽酸，則非結晶而為膠狀，對於土壤的吸收力大有關係。矽酸鹽類則以包水矽酸鹽出現，含此種包水矽酸鹽多量者為壤土及埴土，此等土壤富於養分吸收力，即因土壤中含有吸水矽酸鹽類之故。

(4) 磷酸鹽類 磷酸鹽類中的磷酸鈣，大多沈積於海底。海鳥糞島乃含磷酸溶液，作用於碳酸鹽而生成，又磷酸鐵（藍鐵礦）常於泥炭土壤中發現。

(5) 氧化物及氫氧化物 土壤中存在的氧化物及氫氧化物，以鐵化合物為最重要，腐植質酸性土壤中的沼鐵礦，及氫氧化鐵與砂黏土、矽酸鐵、磷酸鐵等的混合物，由土壤溶液中分離沈澱而成。普通土壤溶液中的碳酸

鐵，係以酸性鹽而溶解。但一與空氣接觸，則使炭酸之一部散逸，炭酸鐵即沈澱。如更吸收多量氧氣，遂失其全部炭酸，而變為氫氧化鐵。又沼鐵礦之成丸形小粒，或成微密的礬層者，乃因鐵細菌之作用而生。蓋因鐵細菌能分解含鐵有機物，當分解之時，使氫氧化鐵分離沈澱之故。

第四章 土壤中的無機成分

農業上所謂的土壤，不僅是固體的土粒，乃固體、液體、氣體，及有機物的混合物。所以土壤的成分，歸納說起來；可分為無機成分與有機成分二種。無機成分中，大多自風化而來，有機成分，則因動植物遺體腐朽而成。無機成分中，除矽酸、黏土不能直接為植物養料外，餘如鉀、鈣、鎂、鐵、磷、硫、氮等，都為植物的重要養料。土壤成分各元素，可別為二大類：

酸性元素 氧、矽、磷、硫、氮、氮、炭。

離性元素 鋁、鉀、鈉、鈣、鎂、鐵。

上述各元素，亦可以其對於植物的關係，分爲三類：

第一類 爲植物重要養料，而土中常有缺乏之處者，如氮、磷、鉀。

第二類 亦爲植物所需要，但土中含量甚多，不虞缺乏者，如鐵、鎂、

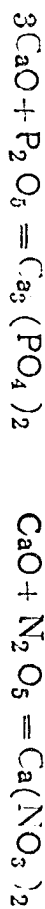
硫、鈣。

第三類 土中含量雖多，但對於植物無十分價值者，如氮、矽、鋁、鎳。

各元素在土壤中，並非單獨存在，常與氧及他元素化合，造成各種化合物，如以鈣爲例，可成下述各種鹽類：

鈣——矽酸鹽、磷酸鹽、氯化鹽、硫酸鹽、碳酸鹽。

茲更以方程式，表示其變化：



各元素在土中的狀態，很難確定，因時起化學變化，能造成各種鹽類。又各元素對於植物營養的價值，亦視其化合物的狀態而定，即其溶解度若何；茲將土壤中無機成分，就氣體、液體、固體三類分別述之。

第一節 氣體

土壤中土粒空隙間，充滿氣體與水分。土中空氣之成分，與地面空氣之成分，略有不同；即土中空氣多含水蒸氣與炭酸氣，而氧氣成分則較少。下表所示，乃地面空氣成分，與土中空氣成分之比較。（水蒸氣除外）

空氣	炭酸氣	氧	氮
----	-----	---	---

地面空氣	0.03%	21.07%	79.00%
------	-------	--------	--------

土中空氣 〇・二三% 二〇・五〇% 七九・二〇%

土中空氣中的炭酸氣，大部分自地面空氣中得來，一小部分則自根及微生物作用而來，或由有機物的分解而來。炭酸氣之發生量，固視土中有機物含有量多少而定，但與溫度與水分，亦有相當關係；因二者能助長或遏制酸氣的發生。

第二節 液體

土壤中物體的主要成分，為水與溶解於水中的無機物及有機物。天空中落下的雨水至地面後，一部分隨地面斜度，流入河海中；一部分則滲入土粒中空隙間，叫做吸收水；一部分過多之水分，則滲入更下層，聚集於實質不能再濾之一層，是名為地下水。吸收水對於植物的生育，很有影響，因為水之功用，可分下述四條：

(1) 水為植物體中重要成分。

(2) 植物薄膜細胞之緊張，全藉水之膨脹力所致。

(3) 水爲極佳之溶劑，能溶解土中養分，供根之吸收。

(4) 土中微生物，亦藉水而生活。

土中水分，又可因其與植物之關係，分爲有用水、無用水與過剩水三種。凡植物根能自由吸收者，名爲有用水；此水佔吸收水之大部分。植物根不能吸收之水分，名爲無用水；滯留於地下之地下水，名爲過剩水。此種水分過多，或太近地面，對於作物生育極爲不利；所以排水之目的，便在排除此種過剩水分，且可促成下層空氣的流通。

第三節 無機的固體成分

土壤中的固體，可分爲無機的岩石風化物，和有機物分解所成腐植質二種；後者在下章詳加討論，茲將無機成分中各元素的含量和化合物，分別敘述如次：

(1) 矽 土壤的無機成分中，以矽酸含量最多，約佔全無機成分的含量以上。土中從無游離狀態之矽，或與氧化合成矽酸， (SiO_2) ，或與他種元素化合而成矽酸鹽。其化合物，亦在土壤化合物中佔最多數。雖不能直接為植物養分，但多存於膠狀黏土 $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ 中，有時亦分析為膠狀氧化鋁 $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ 及膠狀矽酸 $(\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ ；有輕鬆土壤改良物理學的性質的功能，而於禾穀類之莖稈構成上尤有特效。

(2) 炭 炭在土中或為有機化合物成分之一，或與氧及他種元素化合，造成碳酸鹽類。土中的炭素與植物炭素化合物之製造，並無直接關係。因植物製造時之炭素原料，多自空氣中炭酸氣得來，所以土中勿須施用炭素肥料。

(3) 磷 磷為植物必要之營養物，其對於植物的生育上，有極密切關係。但土壤中含量甚少，常與他種元素化合而成磷酸鹽類。如與鈣化合而成

磷酸鈣；然亦有和鎂、鋁及腐植質化合者。此種磷酸鹽皆水不能溶解，故不能為植物利用；但其與鈣化合者易溶解於碳酸水中，植物吸收利用比較容易。土壤中磷素最易缺乏，因作物多需要之，且以穀類作物為尤甚。

(4) 硫 此亦為植物主要營養分之一，在土壤中存在，多為硫酸鹽類，如硫酸鈣、硫酸鎂、硫酸鈉等。而游離的硫素，則不甚常見。普通土壤中，硫的含量約0.1-1.0%，在空氣不足，有機物多量存在的地方，硫酸鹽還元為硫化物，有害植物的生長。植物對於硫素需要不多，一般土壤，不慮其缺乏。

(5) 氮 氮與硫在土壤中，多有類似之點，即二者都能與鈣、鎂、鈉等化合，且為土壤所難吸收之物，易於流失。氮素之含量，各土壤頗有差異；濱海的土地，較為豐富，其最多者稱為鹽質土壤，於植物生育上有所妨害。普通含量在0.2%，則難望植物生產。植物體中雖含有氮的成分，

但與其生長無關，不過食鹽有時可用作間接肥料。

(6) 氮 氮素在土壤中的化合物，種類甚多；在無機化合物中，多與氧及鉀、鈉、鈣等化合，成爲亞硝酸鹽類或硝酸鹽類。因爲易溶解於水，故一般土壤中，並無多量存在。硝酸含量，在施肥的耕土中，平均約爲〇·〇五%乃至〇·〇三%，在酸性森林土中，其含量極微。硝酸鹽溶於水中後，極易爲根部所吸收。氮素在有機物中，含量極多，與炭、氫、氧等結合而成土壤中的有機成分。有時與氫化合，而成銨或銨鹽類，土壤中常有之，或來自雨中，或由氮素有機物分解而來。此種狀態的氮素，在土中含量不多，常爲〇·〇〇〇一四至〇·〇〇一%，平均約爲〇·〇〇〇五七%，常藉土中膠質物或腐植質吸收之。或直接爲植物所利用，或受硝化作用，變爲硝酸，再爲植物所利用。空氣中的游離氮素，含量甚多，但普通植物多不能利用，須藉少數下等植物的作用，方能爲間接的利用。一般

植物，對於氮素的需要極多，且又須氮素在化合物狀態，方能吸收。故農業上或植物生育上，無不以氮素為最要。

(7) 氧 氧能和酸性元素化合，亦能和鹼性元素化合，故土壤中各種化合物，無不含有氧素。其成分幾佔地殼成分之半數，大都與矽化合成矽酸。矽酸雖不常見於植物體中，但為土壤的重要成分。又氧佔水中重量九分之八，空氣中重量五分之一，而在動植物體成分中，則約佔百分之五十。土中的氧素，對於各種化學變化，甚關緊要，因其能氧化有機物，又能助土粒的分解。

(8) 氫 土中無游離的氫素，它多與炭及氧化合，造成動植物體的有機物質；或與氧化合而成水，有時亦和鹼性元素化合，而成氫氧化合物。土壤中氫素的含量不多，生物體中的氫素，多自水中得來。且土壤的有機物成分中，雖含有氫素，但植物並不能夠利用。

以上所述八種，皆係酸性元素。

(9) 鋁 土壤成分中含鋁最多，約佔地殼成分中六%至一〇%。它多與矽酸結合，造成黏土，對於植物生育，無甚關係；但就物理性來言，則相當密切。矽酸鋁的化合物，種類很多，分佈於各種土壤中；又氫化鋁(Al₂O₃)在土壤和岩石成分中，亦多含有之。

(10) 鉀 鉀為植物不可缺的營養物，稱為肥料上三要素之一，其為重要成分自不待言。但它不能在土壤中單獨存在，大都與矽酸化合，而成為矽酸鹽；或與腐植質化合，成為腐植質酸鉀。此外，長石、雲母等分解時，則生碳酸鉀；黏板岩之分解，或石膏與碳酸鉀起複分解時，則生硫酸鉀。其他如起硝酸作用者，則形成硝酸鉀。上述各種鹽類，除碳酸鉀外，餘皆易溶解於水中。又有氫化鉀(K₂O)亦為重要化合物之一，土壤中含氫化鉀量的多少，與其肥度大有關係。肥土中氫化鉀的含量，至少在〇·二%

以上。鉀在土壤中含暈不多，而植物需要暈甚多，所以農家常施肥以補充之。

(11) 鈣 鈣化合的形態很多，除炭酸鈣、硫酸鈣、磷酸鈣、矽酸鈣之外，亦有和腐植質化合，而成腐植質酸鈣之鹽類，多數不能溶於水中。土壤中以炭酸鈣與硫酸鈣爲最重要，和土壤肥度有相當關係。心土如鈣的暈充足，則土壤的物理性質，化學性質，都極優良，可有豐收之望。一般優良的土壤中，應含有炭酸鈣暈○·二%。

(12) 鎂 土壤所含有的鎂暈，大概與鈣相伯仲，所以土壤中富於鈣者，亦必富於鎂。鎂多與炭酸化合而成炭酸鎂，有時亦成硫酸鎂和矽酸鎂。此種鹽類，非遇炭酸水不能溶解。各種植物多需要相當暈的鎂，才能充分成熟，而產生優美的種子。但土壤中鎂的暈，平均約○·八二%，已足供植物之用，所以勿須再施鎂肥。

(13) 鈉 鈉在土壤中，常爲氫化物，遇矽酸、炭酸、硝酸、磷酸、腐植酸等，則化合成爲各種鹽類；尤以矽酸鹽類爲最普通。土壤對於鈉鹽的吸收力，比較鉀鹽薄弱，所以容易流失。鈉之性質與鉀的性質甚相似；但不能用以代鉀，所以肥料中不能以鈉肥代鉀肥；即使有之，亦不過一種間接作用。鈉鹽在土壤中，能促成膠質物的形成，阻礙土壤粒團組織，使土壤物理學性質變惡，所以在海水浸漬，或鹽分過多的土壤，物理學性質多不佳良。

(14) 鐵 土壤含鐵分量，不但依土壤種類而不同，即在同一土壤中，亦含有不同的化合狀態。普通土壤含鐵量，約在 1% 至 5% 。植物需要鐵量不多，所以土壤中含量雖少，已儘足敷用。鐵之化合物，或爲第一氧化鐵(FeO)，或爲第二氧化鐵(Fe_2O_3)。普通土壤中所存在者，有磁鐵礦與黃鐵礦兩種；前者含第一鐵與第二鐵，而後者僅爲第一鐵化合物。又與矽

酸、腐植酸結合而成矽酸鹽或腐植酸鹽。土壤之呈褐色者，全原因於第二氧化鐵之存在；其深層不褐而青者，乃第一氧化鐵使之然。含鐵極多之土壤，若施燐肥，則鐵與燐化合爲不溶性物，有特別注意之必要。

(15) 錳 錳在土壤中，含量最少，幾乎不可定量。但分佈甚廣，各土壤中皆有，多爲碳酸物或氫氧化物。氧化錳在土壤中，尙不見有特殊作用，不過在生理上有促進酵素作用，對於氧化酵素之促進作用，尤爲顯著。又在植物體中，呈一種刺激作用，有促進植物發育之效。

以上七種係離性元素。

第四節 土壤中養分之分類

土壤中所含的各種養分，並非完全可爲植物利用；因爲植物生育上必要的要素，其大部分成爲植物不能利用的狀態；僅一小部分，成爲可用狀態。所以土壤可別爲二大類：一爲可用性養分，可爲植物利用；一爲不可用

養分，不可為植物利用。但不可用養分，經風化及腐敗二作用，仍可變為可用性養分；所以耕鋤、排水諸方法，即所以促進土中風化及腐敗作用，使不可用性養分，變為可用性養分，以供給植物吸收。由於化學分析的結果，含磷酸多量之土壤，往往肥效不很顯著，即因為磷酸的大部分，成為不可用性。據戴莪(Dyer)試驗：以相當於根液的檸檬酸一%，溶解各種土中可用性鉀及磷酸的養分，並與試驗場之成績相對照後，得一結果：凡土中可用性鉀的含量，在 0.005% ，可用性磷酸在 0.1% 以下時，則必須施肥。戴莪氏的試驗法，在從前曾盛行一時，現今則多用栽培實地試驗法，以定土中可用性養分的多寡。

第五章 土壤中的有機成分

土壤中的岩石風化物，為植物生育上所必需，但僅有無機養分，而缺乏

有機養分，頗不適於高等植物的發育生長；且有機成分又能改良土壤物理性質，促進土壤中的化學作用，故土壤中如無有機成分，不能謂爲完善土壤。茲將有機成分的關係、由來、性質、成分及效用等，分別加以敘述。

第一節 有機物分解及其與外界的關係

地面或地中的生物屍體，尤以植物體爲最重要，經過分解作用後，變成黑色或褐色的有機膠質體，這種經過作用，名爲腐化作用。腐化作用之主要原因，實由土壤中的細菌等微生物之作用所致。當腐化作用進行之時，其盛衰視溫度、空氣、水分、營養鹽類，及有害物質的有無多少等外界環境而定。

(1) 溫度的影響 土壤中有機物之分解，多因微生物繁殖作用而發生。要想微生物繁殖，必須有適於微生物繁殖的溫度，故溫度對於有機物分解，關係最爲密切。根據試驗的結果，在攝氏零度附近溫度，分解作用甚

爲微弱。溫度漸次增高，其分解程度亦隨之加強。溫度過高，分解又復微弱；而以攝氏三十六度爲最適宜，有機物分解最盛。

(2) 空氣的影響 表層土壤和耕後土壤，土粒間生有空隙，因而空氣容易流通，其中所含的氧氣，足供有機物分解迅速。但在深層土壤或未耕土壤，因空氣不易流通，有機物分解遂行遲緩。

(3) 水分的影響 無論空氣與土壤的關係如何，凡欲使有機物起分解作用，必需若干水分。水分如不充足，分解力自必薄弱。若水量過多，則空氣含量小，分解作用亦必減少。

(4) 諸種化合物的影響 土壤中的無機酸類，概妨碍有機物分解作用，其中尤以硝酸、磷酸爲甚。不過如氫氧化鉀、碳酸鉀等鹼性物，雖亦對於微生物有害，但含量微少時，可爲微生物之養料，而助長其繁殖，能促進有機物分解。

(5) 有機物種類關係 一般說來，動物體較植物體容易分解。含氮素的有機物，較不含氮素的有機物容易分解。但這不可一概而論，有時亦有例外，如動物體的骨、革、羽、毛、較植物體有機物反難於分解。又同為植物體，草木及嫩葉容易分解，富於纖維質的老植物，那就比較困難了。

第二節 腐植質的生成

土壤中的有機物，因分解作用，而變複雜化合物為簡單化合物，以供植物之營養。但無論外界狀況如何良好，其全部有機物，無盡變為氣體或液體之事。通常還有多少固形化合物殘留，這殘留即謂之腐植質。腐植質之生成，非常複雜，而其本身究為何種物質，尙難具體明瞭。茲將其生成情形，說明於左：

(1) 空氣充足時的情形 由好氣菌分解所致，必須水分不過多，空氣相當通暢；而土壤又為中性時始有之。其最後之產生物，為炭酸氣、水、氮

，後者又經微生物的硝化作用，變為硝酸後，與鹽性元素化合，成為硝酸鹽。所以有機物如完全分解時，僅有少量無機物殘留土中，此於熱帶及亞熱帶之土壤常見。在多雨的溫帶地方，則多少有腐植質的殘留，其量數隨環境而不同；且反應多為中性，故稱為中性腐植質。

(2)空氣不足時的情形 若水分過多，空氣不足，則由嫌氣性微生物起分解作用。這種微生物，多分佈於土壤深度一二公尺之間，且限於中性反應的土壤。至於近地面或酸性潮溼土壤，則藉絲狀微生物的作用所致。其最後產生物，為沼氣、炭酸氣、氨、游離氮素及氫素等。同時又有大量的有機酸發生，這種分解作用，較前者為緩慢，有時亦稱腐朽作用。其一部之有機體，變為酸性腐植質，在池沼水中，多量植物營腐朽作用時，則產生泥炭。

酸性腐植質，對於土壤及植物生育的作用，與中性腐植質全然不同。因

爲酸性腐植質侵蝕土中的碳酸鈣及碳酸鎂等各種鹽類。土壤中既缺乏離金屬養分，當然不適用於植物的生長；且酸性腐植質分解時，所生的游離酸類，有害植物；所以對於酸性腐植質土壤，務須行排水、灌溉及施用石灰等，使之中和，便可利用。

第三節 腐植質的化學性質

土壤中含有諸種有機及無機成分，都直接或間接爲植物生育繁茂之用。植物於此生育成熟，迨其收穫以後，還諸土壤一部，爲人類的衣食住材料又一部。動物之飼料，工業之原料，亦莫不於此是賴，但其結果仍以廢物或死骸還之於土壤。簡單說來，各種動植生產物，都以土壤中的有機無機成分爲出發點，常循環而不可已。茲將腐植質的有機成分與無機成分敘述如下：

(1) 腐植質的有機成分 腐植質爲一種褐色乃至黑色的膠狀物，由諸種物質混合而成；其組織複雜，所以化學性質不容易表明。因其爲膠質物之

故，所以具有以下的特性：

(A) 吸水力强。

(B) 含水則膨脹。

(C) 受電解質的作用則凝結。

(D) 容易與他膠質物混合。

(E) 能生吸收的化合物。

腐植酸的成分，因其對於水、氫氧化鉀溶液、炭酸鈉溶液中的可溶程度，區別為三種成分，列表如左：

名稱	在水中	在氫氧化鉀溶液中	在炭酸鈉溶液中
腐植酸	略能溶	可溶	可溶
腐植素	不溶	不溶	不溶
腐植炭	不溶	不溶	不溶

腐植酸能溶於炭酸鈉溶液中，成暗褐色膠質物。如將此溶液中加少量的

無機酸，則成絮狀沈澱物。腐植酸爲腐植質諸成分中，最重要的部分，約含炭素五八%，在泥炭池中，或普通耕地中，常見之。

腐植素在氫氧化鉀溶液中久煮，能溶解。若於其溶液中加少量無機酸，則亦成絮狀沈澱物而分離；亦是腐植質中的重要部分。普通土壤中的腐植質，多爲腐植酸與腐植素二部而成，二者的比例，以腐植酸佔大部分。

腐植炭雖在氫氧化鉀溶液中，亦不分解，爲一種黑色物，富含炭素，極難分解。由於空氣不足的分解作用所生成，爲黑色泥炭的主要成分。

上述三種成分中，以腐植酸最爲緊要。酸性腐植質的酸性反應，即由於游離的腐植酸所致。腐植酸如遇鎂、鈣、鐵、鋁等鹼性元素，即結合成不易溶解的腐植酸鹽。這種鹽類對於植物的生育甚關重要。中性腐植質內，含有多量的鹼性元素，而以鈣爲最多。中性腐植質若常暴露於雨水中，則又變爲酸性腐植質。

各種腐植質有機成分的化學分析，據斯奈德斯 (Snijders) 的意見如下：

腐植質的有機成分	牛糞所成的腐植質	紫雲英所成的腐植質	肉屑所成的腐植質	小麥粉所成的腐植質	燕麥稈所成的腐植質	木屑所成的腐植質	糖所成的腐植質
炭	41.95	54.22	48.77	51.02	54.30	49.28	57.84
氫	6.26	3.40	4.20	2.82	2.48	3.33	3.04
氮	6.16	8.24	10.96	5.02	2.50	0.32	0.08
氧	45.63	34.14	35.97	40.14	40.72	47.07	39.04
全量	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

(2) 腐植質的無機成分 上面所述為其有機成分，至於無機成分，據斯

奈德斯分析，有機物中的灰分八種，得其平均數如下：

腐植質中的成分(無機成分)佔一一·二四%。灰分中的成分表列於左：

矽 酸 SiO_2	六一·九七%	氧化鉀 K_2O	七·二〇
氧化鈉 Na_2O	八·一三	氧化鈣 CaO	〇·〇九
氧化鎂 MgO	〇·三六	氧化鐵 Fe_2O_3	三·一一

氧化鋁 Al_2O_3	三〇四八	燐 P_2O_5	一一〇三七
硫 酸 SO_4	〇〇九八	氧化炭 CO_2	一〇六四

腐植質中的礦物成分，一部分為有機物中固有的成分，一部分則由腐植酸與土中無機物結合而成，即所謂腐植酸鹽類。腐植酸化合物中，尤以鉀和燐酸為最重要，影響於植物的生育甚大。如植燕麥於純粹之砂中，再加重中性腐植質若干，燕麥仍能生長良好，蓋其養分都得自腐植質中的腐植酸鹽類。

第四節 腐植質的形態及土中腐植質的分佈

腐植質的形態，可大別為四種，茲舉述如下：

(1) 糞炭 糞炭由土壤中的下等動物之糞堆積而成的腐植質，多少含有一部分的植物組織。這種糞炭，依動物的種類，而有不同之名稱。如由蚯蚓之糞積成，則稱為蚯蚓糞炭，由昆蟲之糞積成，則稱為昆蟲糞炭。

(2) 黴炭 黴炭普通存在於土壤的表層，若以顯微鏡來觀察，可見有細

末狀植物遺體，實在是一種輕鬆泥炭。

(3) 沈澱腐植質 沈澱的腐植質，由化學的沈澱而積成。這種腐植質，完全不含有機組織。沈澱腐植質，多混和在土壤中，很難區別。

(4) 泥炭 泥炭由未充分腐化的植物遺骸，堆積而成。其所保存的有機組織，吾人肉眼亦可識別。泥炭又依其生成的植物不同，而有各種不同的名稱；如樺木泥炭、蘆泥炭等。

據希爾加爾 (Hilgard) 氏的實驗，土壤含腐植質最多的為表層，而入地愈深，則腐植質生成愈少，觀下表，便可瞭然。

腐植質中氮素%	土中腐植質%	深度(以呎計)
5.30	1.21	1
4.32	1.16	2
3.37	1.14	3
3.76	1.17	4
2.16	.74	5
2.66	.60	6
2.54	.47	7
1.54	.78	8
2.24	.54	9
1.15	.52	10
1.51	.53	11
1.81	.44	12

表土腐植質，含氮所以豐富，乃土壤表層的溫度較高，空氣充足；故炭、氫和氮的化合亦速，成炭氣而與水消失。且表土之所以多含腐植質，因為一般菌類，多需要空氣，故菌類的分佈多近表面。此處有機物盛行分解，故腐植質的含量特多；但亦視土壤的通氣性而定，如在較鬆之地，雖深數尺，菌類亦可生存，故腐植質的分佈也較廣。

第五節 腐植質的效用

腐植質的效用甚多，不但能改良土壤物理性質，並能使不溶解的礦物質，變為可用性，以供植物之吸取。茲將其主要效用列下：

- (1) 能吸收空氣中的氮，又能吸收土壤溶液中各種養分。
- (2) 能吸收多量水分。
- (3) 能增高土溫——因黑色能吸熱。
- (4) 能供植物氮素原料——因腐植質多為氮素化合物。

(5) 能使不溶性養分，變為可溶性，因含有腐植酸，或由分解時發生碳酸。

(6) 能改良土壤的物理性質，使黏土減少其凝集力，成為團粒組織；又能使砂土的砂粒聯結，組成團粒。

腐植質若與礦物質土壤充分混和時，在某範圍以內，腐植質含量愈大，生產力亦愈大。黑土地作物產量豐富，即因含多量腐植質之故。農家如能注意輪栽，同時又不斷施用有機肥料，則土壤生產力，必可維持於無窮。

第六章 土壤的形狀

土壤的形狀，說來相當複雜。蓋土壤的生產力，與其形狀有密切關係，故為判定土壤肥沃，不可不知土壤的形狀。所謂土壤的形狀，即土壤的成分、組織、位置等，茲分別述之：

第一節 土壤的物理成分

土壤的物理成分，略分爲液體與固體兩種。固體成分中，又分爲有機質及礦物質二種。液體及有機質，已在前面敘述，此則專論礦物質。礦物質因直徑大小，大別爲石礫及細土二類：

石礫是直徑在二公釐以上的岩石碎粒，其中稜角顯明的，叫做角礫；略呈圓形的，則通稱爲礫。石礫是土壤的主要成分，與植物無甚直接關係。普通土壤中石礫成分，隨地方而不同，一般耕土，石粒含量約在五%至二〇%之間。石礫能助空氣之流通，水分之宣洩，有利於植物的生育。但若土壤中含量過多，不惟水分不能保持，而養料亦容易流失。

細土的直徑，約在二公釐以下，其中又可別爲二類：直徑在〇・〇一公釐以上的，叫做砂；在〇・〇一公釐以下的，叫做黏土。

上述石礫及細土，爲土壤的大概區別，如果詳細來分析，可得以下八

種：

- 石礫——直徑二公釐以上。
- 粗砂——直徑二至〇·五公釐。
- 中砂——直徑〇·五至〇·二五公釐。
- 細砂——直徑〇·二五至〇·〇五公釐。
- 滓土——直徑〇·〇五至〇·〇一公釐。
- 細滓土——直徑〇·〇一至〇·〇〇五公釐。
- 黏土——直徑〇·〇〇至公釐以下。

砂以其性質的不同，可分為永久砂和暫時砂二種。永久砂係由石英風化所成，不容易變化；暫時砂係由雲母風化所成，以後仍能變成黏土。若以直徑大小來區別，則可分為粗砂、中砂、細砂、微砂四種。不過微砂太細微，肉眼很難辨識，其性質與黏土略相似，故有亞黏土之稱。一般砂土多疏松，沒有黏性。砂固不能直接供植物養分，但能改良植物的物理性質，使土壤輕鬆；並能流通空氣，宣洩水分。

黏土是最細的土粒，大概爲黏板岩、頁岩等風化所生成；其他富於長石、石英、雲母等岩石，分解時亦生成此種土壤。其構造甚密，黏着性極強，吸收水分力頗大，又能保持植物的養分。普通耕土中，約含有三%至四○%，含有溼分時則呈膠狀，不易耕作；乾燥時，則收縮而固結，成爲不易破碎之土塊。

滓土亦由各種岩石細粒而成，其直徑大小界於砂土及黏土之間，其性質既不若黏土之緻密，亦不似砂土之疏鬆。含有滓土與黏土的土壤，如投入水中，其沈澱水底者爲滓土，而浮沈水中者爲黏土。在水流緩慢的溝中，其表面的沈澱土概爲滓土。

又土壤的粗細，與土壤的化學成分極有關係；土壤的粒子愈細，其吸收力愈大，含磷、鉀、鈣各成分之量亦愈多。茲將荷爾(Herr)氏所研究的結果，列表如下：

粒徑	矽酸	鋁	鐵	鈣	磷	鉀	鎂
1.0-2.0公釐	九三.九%	一.六%	一.二〇%	〇.四%	〇.〇五%	〇.八%	〇.五%
0.1-0.04	九四.〇	二.〇	一.一〇	〇.五	〇.一〇	一.五	〇.一
0.04-0.01	八九.四	五.一	一.五〇	〇.八	〇.一〇	二.三	〇.三
0.1-0.0011	七四.二	一三.二	五.一〇	〇.六	〇.一〇	四.二	〇.三
0.0011以下	五.二	三.五	一.三三	〇.六	〇.四〇	四.九	一.〇

第二節 土壤的機械分析

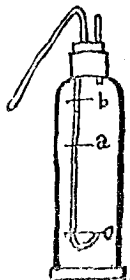
土壤依土粒的直徑大小，而類別其量的，叫做土壤的機械分析。欲行土壤的機械分析，可於耕土中各處，掘取相當之土壤，混合放置一處，除去草根、塵埃等，始可行分析手續。普通分析方法如左：

(一)供試品之調製 把掘取來的土壤，放置在板上，時時的翻動，使它風乾至上下土色一律時，乃輕輕粉碎，以定量之土，納入銅篩中篩之。銅篩直徑五六寸，深約三寸，底面鑿多數圓形徑二公釐的小孔。已篩出的為

細土，而留於篩板上的，可移入磁皿，用木塞輕壓再篩之。如是反覆數次，至篩中不見土壤為止，再將篩上物用水洗淨吹乾後，是即石礫。用秤權其重量，將全重量減去石礫重量，即得細土重量。已篩出之細土，可貯於玻璃瓶中緊塞之，以供淘汰分析，化學分析，或物理性的檢查之用。

(2) 淘汰分析 淘汰分析法，乃藉靜水或流水之力，以分離細土為各種土粒。此法有沈澱法和洗滌法兩種：

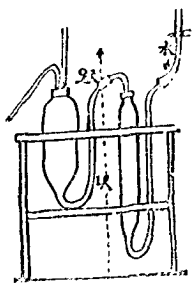
(A) 沈澱法 用一個玻璃圓筒，徑約八公分，自頸部下端至底部，高約三十公分。在圓筒的外面，距底面高五公分處，劃一橫綫○，又在○綫上方十八公分處，劃一a綫，二二·五公分處，劃一b綫。乃以細土一〇—二〇公分，置於蒸發皿中，注水及氨水數滴，使成爲粥狀。把土塊輕輕研碎，放在溫湯中微溫之，將皿中泥漿洗入圓筒中，更加水使達a綫。以塞塞住瓶口



洗澱法用具

，加以劇烈震搖，靜置半小時後，去塞另換附有虹吸管的橡皮塞，吸去a綫上的濁水。又加水至a綫搖動，靜置吸水，如上所述；這樣反覆數次，至吸出之水，完全澄清爲止。此時黏土已都除去，乃再注水入圓筒，使達b綫；搖動後，靜置二分鐘，將○綫上的濁水排除；更反覆行之，至排出之水，完全澄清爲止。乃將排出水中的土粒，聚集乾燥之，即可得滓土的含量。其留於圓筒中的土粒，可以每孔○·二五公釐的小篩篩別之，從可知細砂與粗砂的含量。以細土全量減去滓土、細砂、粗砂的合量，就得出黏土量來了。

(B)洗滌法 此法所用之洗滌器，爲大小兩個圓筒玻璃管所成，大圓筒長約十公分，直徑四公分乃至五公分。小圓筒長十二乃至十三公分，直徑二公分至二公分半，即二圓筒之大小，常有多少差異



洗滌法用具

。小圓筒側管與水槽相連，並附有水流速度表。以細十二〇至五〇公分，按照前法處置後，將泥漿移入小圓筒中，乃用水槽之水洗滌，如小圓筒中洗滌速度為二秒公釐，則直徑〇・〇五八公釐以下的土粒，移送至大圓筒。如大圓筒中的洗滌速度為〇・二秒公釐，則直徑〇・〇一公釐以下的土粒，流出於外方，直至流出之水完全澄清時，則留於大圓筒中的為滓土，而留於小圓筒的為細砂及粗砂，可以篩篩別之。求得三者的含量後，即知黏土的含量。

第三節 土壤的組織

土壤的組織，即是組成土壤的土粒所結合的狀態。土粒之大小、形狀及其排列的疏密，對於土壤的化學性質，水分及養分的含量等，大有關係。土粒無論排列的疏密，都有相當之空隙，此種空隙寬者其狀粗，狹者其狀密。各種空隙互相連結，好像蛛網，空氣與水分即保存於此種空隙間。黏

土及富於腐植質的土壤，空隙狹；在雨季水分之含蓄量多，而空氣則每感不足。砂土則空隙寬，空氣充足，但在乾旱時季，則水分缺乏，所以土壤以寬狹空隙俱有爲貴。

土粒之構造，有單粒複粒之別，茲分別述之於次：

(1) 單粒構造 土粒單獨相接觸，其間無他種關係，謂之單粒的構造。單粒的構造，或由同大的土粒接觸而成，土粒的空隙很大，或由大小不等的土粒，互相集合，小粒填充在大粒的空隙裏，土粒間的空隙較少；但仍具有相當的空隙。砂土及重黏土大多爲單粒的構造。或水分多而空氣不足，或空氣充足而水分缺乏，都不是優良的土壤。所以應設法改良，以適合於栽培。在黏重土壤，可行冬耕，并施用綠肥與生石灰等。在疏鬆的砂土，可用客土法加入黏土，並加綠肥。

(2) 複粒構造 複粒構造，亦稱爲粒團組織。由若干的細微土粒，結合

成團，再由多數粒團集合而成。其間有許多形成關係物存在，如膠質物、可溶性鹽類、石灰等。而粒團間空隙寬，水分和空氣兩皆適當，無過多與不足之弊。惟時因大雨冲刷，以致鈣、鎂等鹼性元素消失，已分解的腐植質流散，復又變成單粒構造，農家不可不注意。

第四節 土壤的位置

土壤所存在的位置，自地理、氣候、交通、地形各方面來看，有種種不同。例如自地形上論位置，有山上地、山腹地、山麓地、谷地、沿河地、濱海地、高原地、平原地、低地等。其位置如何，不獨影響其土地的生產力，而於土地利用上、評價上，也有許多關係。

(1) 土壤的表面位置 普通平坦地，比傾斜地適於農耕，以平坦地便於耕作，費力較比少，器械及牛之使用，施肥及收穫等均甚便利；作畦畔、設道路，無論何方面都可；監督工人，守護農產物，均極容易；且平坦地

因雨水而洗失之細微土及肥料成分少，自然相當肥沃；水分、溫熱、光線等相同，作物之生育上無異。而傾斜地則反是，故作物生長不能繁茂。但完全平坦地很少，一般總略帶傾斜。傾斜之方向，以我國地位而論，由南至西，受熱量最大；自北至東受熱量最小。總之，傾斜而與日光，以愈近直角受熱量愈大。至於地面之傾斜度，約可分為六等：

平	五度以下。	緩	五——一〇度。
稍急	一〇——二〇度。	急	二〇——三〇度。
急	二〇——三〇度。	頗急	三〇——四〇度。
險	四〇——五〇度。		

傾斜度過急，水分養料容易流失，所以農地以一至二度為最佳。若超過十度，則耕耘不便，勞力消耗大，農具不易運用。故傾斜度最大須在十五度以下。如傾斜急的地方，只可造林，否則作成梯田，方可以種植。

(2) 土壤的垂直位置 定積土的垂直位置，可分為表土、心土、母岩三

種。表土爲風化最充分的部分，由細微的土粒所成，含有各種礦物質和腐植質，常呈黑褐色。心土色較表土淡，而土粒亦較粗；所含養分未經風化，多不能溶解，不適於植物的吸收，此於耕地中常見。

表土是土壤的最上層，並非是完全耕土。耕土乃是用農具耕耨的土壤，從土面下三寸至一尺，支持植物體，供給所需要的養分。表土深的耕土，只佔表土之一部；表土淺的耕土，就包括下面的心土。耕土的深度，對於作物生育，很有關係。普通耕土的深度，約可分爲四等：

淺 三寸至四寸 中度 五寸至六寸

深 七寸至八寸 頗深 一尺以上。

水積土的垂直位置，不能區分爲表土、心土、母岩。不過爲便於分別起見，有時亦稱上部與耕土相當之部分爲表土，而其下部爲心土。

定積土和水積土的下層，必有底岩；而底岩的距離，依平坦地和山地而

有深淺的不同，大概平地深而山地淺。所以一般山地表層在一公尺以內者，不宜栽植深根植物。縱可栽植，往往亦因亢旱而致枯死。

又多雨之地，層次分明，表土多腐植質，其下層多黏土，再下則為砂礫土。因表層黏土，受雨水沖洗之故，積集下層。但在少雨之地，空氣可流通於數尺下，以風化下層的土質。且植物根能伸到深處，故下層土亦富腐植質，所以其心土與表土的界綫不分明。

第五節 土壤中的磐層

土壤下層，因為種種原因，常生成堅固的土層，此即謂之磐層。蓋這種磐層堅固，植物之根部土壤有此磐層，表土每每淺薄，耕種困難，植物生長不良。不能舒展蔓延，深入下層，吸收養分。且其地水面高，植物亦容易枯死。

土壤磐層，分許多種類，如石灰質磐層、黏土質磐層、氧化鐵磐層、腐

植質磐層等，由於土粒間的凝結，或由沈澱物凝固而成。茲將其性質列下：

名稱	凝結料	硬軟	色澤
石灰質磐層	碳酸鈣	硬	淡色
黏土質磐層	細黏土	稍軟	多淡色
氧化鐵磐層	膠狀氧化鐵	硬	褐色至赤褐色
腐植質磐層	膠狀氧化鐵及腐植質	硬	暗褐色

上述四種磐層，以腐植質磐層為最有害，以其為堅固膠結物。可先將磐層打碎，曝露於冬季寒氣中，使它冰凍，然後再加石灰中和其酸性，即可成為佳良土壤。但砂質水田，耕土下層，如有一薄磐層，水分得以保蓄，反為有利。

第七章 土壤的性質

土壤的性質，係指土壤的物理性來說的。所謂土壤的物理性，乃為土壤

對於溫度、空氣、水分、養分的吸收性等關係。這種性質在農學上極爲重要；因爲植物生育的優劣，大都受土壤的物理性質所支配。但其他事項，如化學成分，養分的種類，土中有益細菌等，亦不可忽視。茲將土壤的物理性質分述之：

第一節 土壤的顏色

土壤組成的主要分子，如石英、碳酸鈣、陶土等，皆爲無色；而土壤所以著色的原因，乃另有其他物質之故。灰色及黑色的生成，以其含有腐植質；黃赤褐等色，則因有第二氧化鐵；綠色則因有第一氧化鐵。色之濃淡，隨着色料的多少，土粒的精粗，含水量的多少而異。大概言之，着色料多者其色濃，土粒細者要着色料多，水爲增色之濃度者，愈乾之土，則色愈淡，所以觀色必以溼潤行之。由於土壤的顏色，可以推知其肥瘠。黃色與黑色的土壤，大都較肥，因其含有多量的腐植質及氮素肥料；但有時因

游離酸過多，反不適於植物之生存。

第二節 土壤的嗅感和味感

土中如含有多量有機物質，當其分解時，每發生特殊的氣味；因其中的揮發性物質揮發之故。排水不良的泥炭土則多酸氣。至於土壤的味感，亦隨其化合成分而不同，泥炭土多為酸味，鹼性土亦隨其化合物之不同，而有不同的味感。故土壤之為酸性或鹼性，亦可以藉此來分別。

第三節 土壤的重量及空隙

土壤的重量，可分容積重與比重二種：容積重則因土壤的空隙多少而有差異，故測容積重時，須令其粗密狀態相同，否則無可比較。通常以粗密二種狀態，分別測定：將土壤盛諸內容一百立方公分的黃銅製圓筒內，於桌上敲之。輕敲三四回即秤量，為粗狀的容積重。敲至不減容積，無可再裝而後秤的，為密狀容積重。合粗密兩種狀態的容積重，而以二除之，則

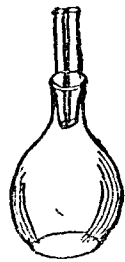
為平均容積重。土壤的容積重，又因土壤組織物質的不同而異。大抵含砂砂多的土最重，黏土次之，含腐植質多的土壤最輕。又土粒組織的疏密，亦有多少不同之處，觀下表就可以瞭然了。

細砂土（每立呎重量）九五——一一〇磅 壤土 七五——九〇磅

黏土 七〇——七五磅 泥炭土 二五——四〇磅

比重是以水為標準，與之比較其輕重。以土壤納於

比重瓶，先權衡其重量，再加水於瓶中，複權其重量，以水重除土重，即得比重。



比重瓶

一般農民所謂輕土重土，並非物質重量，乃以耕耨難易而言。大抵砂土易於工作，稱為輕土；黏土難於工作，稱為重土。真比重則反是，以黏土為輕，砂土為重。但腐植質土因其重量小，又容易耕耨，亦可稱為輕土。土壤的比重，常在二與三之間，然腐植質的比重，往往在一·五以下。茲列普通土壤礦物的比重如左：

泥炭	一·三——一·五	雲母	二·七——三·二
非結晶黏土	一·八——二·二	角閃石	二·九——三·五
陶土	二·四——二·六	輝石	二·九——三·五
長石	二·五——二·八	褐鐵礦	三·四——四·〇
石英	二·五——二·九	赤鐵礦	五·一——五·二
石灰石	二·六——二·八	磁鐵礦	四·九——五·二

土壤的空隙，乃土粒間及土粒中存在的孔竅。土壤的空隙量為一定容積乾土中的空隙，對於全容積的百分比，可以用比重和容積量算出。其式為

(比重—容積點) ÷ 比重 = 空隙

第四節 土壤對於水分的關係

土壤的狀態如何，關係水分含量的多寡。而植物的生育狀況，亦無時不受水分的影響。植物水量之供給，以適合需要為原則，過少易致植物枯死，過多則空氣缺乏，養分流失，其影響亦大。特於下面詳細論之。

(1) 植物的需水量 植物的需水量很大，據試驗的結果，禾穀類每磅乾

物質，需水約二七五磅至三七五磅。所以每畝地小麥的平均需要水量，約三五四噸。茲將各種作物所需水量列表如下：

作物種類	每英畝平均 需水量(噸)	每英畝最低 需水量(噸)
紫雲英	四〇〇	三一〇
馬鈴薯	四〇〇	三二五
小麥	三五〇	三〇〇
燕麥	三七五	三〇〇
豌豆	三七五	三〇〇
玉蜀黍	三〇〇	—
葡萄	三七五	—
向日葵	六〇〇	—

天然的雨量，常較植物的需水量少，因為其大部自地面表流失，或蒸發為汽體；故植物必須仰給土中所保留的水分。土壤的保水力，及其如何始可以增進含水量，這是一件重要問題。

(2) 土壤中所保持的水分 土壤中所保持的水分狀態，可分吸着水、微管水、氣孔水三種：

(A) 吸着水 吸着水乃風乾土粒周圍，含有極薄的水膜，非熱至攝氏百度，不能夠蒸發。這種水分，植物不能吸收，所以土中雖有如無。在多數泥炭土及火山灰土，吸着水的含量，常在三〇%以上。

(B) 微管水 附着於吸着水之外方，充滿土壤空隙，不受重力作用的水分，叫做微管水。凡土面蒸發的水分，植物根部所吸收的水分，多屬於此種。微管水能自動的互相平均，故此部微管水少時，他部較多的微管水，能流來補充。上部之水缺乏時，下部之水能上昇以補充。微管水上昇的高度，和土粒空隙的直徑成反比例。若土粒細空隙，全部為水所充滿時，名為飽和。

(C) 氣孔水 此為土中過多的水分，土粒不能保持。因受重力的作用

，自上降下之水分。地下水分即由氣孔水聚集而成。粗空隙之水分，有時因下方障礙，不能下降而停留時，這時土壤謂之過飽和。

(3) 土壤中水蒸氣的凝縮性 乾燥的土粒表面，能從大氣中吸收水蒸氣而使之凝縮，謂之水蒸氣凝縮性。其凝縮量，可將乾土置於蒸氣箱中若干時，就可以測知了。據叔布勒氏 (Schubler) 的測定如左：

土壤種類

石英砂 純黏土 腐植土 火山灰土

水蒸氣凝縮量%	二四小時	〇〇	四〇	九〇	二九	六
	四小時	〇〇	四〇	二〇	三三	九

從上表可知凝縮量隨土粒表面的大小而不同，土粒的表面大，凝縮量也多。又土中含有的水分愈多，則凝縮量愈小。但土壤所凝縮的水蒸氣，其量數很微末，對於植物生育上，影響不甚顯著。

(4) 土壤的保水力及含水量 保水力就是土壤水分中的保持力。無論雨水或灌溉水，到了地面以後，有一部分流失，有一部分蒸發，但大部分含

蓄在土中，這就是所謂的微管水。土壤的保水力大小，恒因其性質而不同，大抵以腐植土爲最大，黏土次之，砂土爲最小。所以施肥料的時候，宜先熟察土壤的性質；遇砂土時，宜施濃肥；腐植土和黏土，宜施以薄肥。又砂土在炎夏之際，特別容易乾燥，所以施用濃肥以外，還要常行灌溉。

土壤所保持的水量，叫做含水量。最低限度的含水量，叫做絕對含水量；即在亢旱的時候，土壤依微管作用，所能保持的水量。最高限度的含水量，叫做飽和含水量。土壤的含水量能達到飽和狀態的極少，僅地下水而甚高，或大雨後的表土及水田而已。實際說來，與農業有關的，爲絕對含水量，即表示土壤的最小保水力。土壤的含水量能與飽和含水量之四〇%—六〇%相當時，最適於植物的生長發育。

(5) 土壤的微管引力 土壤中之水，由下層昇至上層，以供植物吸取，全賴毛細管的作用，這種作用叫做土壤的微管引力作用。蓋地面下若干深

之處，有地下水平面，在此水平面以下的土層，不論其空隙大小，都爲水分所充滿。在此水面以上的土層，則僅其細微空隙保有水分。當上層水分缺乏時，下層微管水能上昇以補其缺，對於植物極爲有利。

微管引力的大小，因土質而不同。砂粒愈小，膠質愈多，則其微管引力的速度愈減，而上昇之高度愈增。組織愈密，則速度愈減，上昇高度愈增。所以使黏重土粒團化，則微管引力減少，鎮壓疏鬆的砂質土，則微管引力增加。

(6) 土壤的透水性 土壤的透水性，乃是水分由土壤的空隙，滲到底層；這種作用與微管引力相反，對於植物生長發育有重大關係。如無此等性能，凡來土表之水，非停止於土表，即流向他方以去。停滯在土表，則植物感受冷溼，且阻害其呼吸作用，流向他方以去，不惟土表存在的有用物質，有爲所奪去之虞。且一逢亢旱，微管亦無從吸收地下水，以供植物之

需用。

土壤透水性的大小，有許多不同之原因。大抵富於砂礫的土壤透水性大，富於黏土的土壤透水性小。其他同一土壤，含水量小時，比較多時透水性速。土壤組織疏時，較組織密時速。再下層土壤，由石礫構成時，透水性大。故土壤行耕耜以後，表土鬆軟，雨水容易向下滲透，不致停止地表，妨碍空氣流通，及使土表肥料流失。此外深耕的土壤，亦比低耕的土壤，透水性良好；且能使土中含有含蓄多量水分之效。

土壤屬於黏土性的，多不容易滲水；而屬於砂土性的，則容易滲水。滲水性的強弱，與作物生育的關係密切。好乾燥的作物，宜於砂質土壤，好溼潤的宜於黏質土壤。但多數作物，以土中水分不過多，而又能時時補充不虞水分的缺乏為最優。所以田土上層應為富於滲水性的土壤，而下層應為弱於滲水性的土壤。這樣，上層過多之水，滲入下層，成為地下水；待

至上層水分缺乏時，又能藉微管引力上昇以補充之。但地下水與地表，要有相當距離。地面距地下水之高低，可由附近井水面測之，因為井水就是地下水。在水稻田，其土層的配置，則與此不同，應上層為不透水層，下層為透水層，則過多水分，可以自然排去。

(7) 土壤的蒸發性 土壤之水，常有自土表蒸發以去者。普通地層可分為三帶，一為蒸發帶，二為中間帶，三為飽和帶。蒸發帶是靠近地表的土層，此層水分不斷在蒸發。中間帶是蒸發帶下的上層土層，此層在雨時接受上層下降之水，乾旱又隨微管引力，復返於上層。飽和帶乃接近地下水面的土層，大部空隙充滿水分。

水之蒸發量，與地表面積成正比例，此外尚有許多關係事項，茲條列之如下：

(A) 空氣的溼度 空氣中溼度小，蒸發量多；反之則小。

(B) 溫度 氣溫高時，較氣溫低時蒸發量大。

(C) 風之有無強弱 無風時較有風時少，風勢弱時較風勢強烈時少。

(D) 土壤的色澤 土壤表面呈暗黑色時，其吸熱量較淡色多，所以其蒸發量亦大。

(E) 土壤的微管引力 微管引力大時，則地下水上昇量多，所以蒸發較盛。

(F) 土壤表面的狀態 地表之凹凸或呈波狀者，比平坦地蒸發面積廣。覆有堆肥、草藁、落葉等時蒸發少，經過中耕的蒸發亦少。

(G) 土壤的含水量 蒸發之水量，與土壤的含水量成正比例；但亦視其他情形而定。

第五節 土壤的通氣性及容氣量

作物種子的發芽，根的呼吸等，皆土壤中所起的植物生理作用。土壤的

成分變化，及有機質肥料分解，也都是土壤中所起的化學變化。這作用與變化，均須有游離氧氣之補助；如土壤中缺乏氧氣，則種子發芽中止以致腐爛，根之呼吸窒息，卒至於枯死。而有機質肥料不惟不能分解，其各種礦物養分化成可用性，反行有害的還元作用，實有害於植物生長，故土壤有通氣性。所謂土壤的通氣性，即指空氣流通的難易與否而言；茲再說明其容氣量。

土壤的容氣量，謂一定量的土壤中，現存的空氣容量之意。其容氣量的大小，視土壤的種類、組織的狀態、及含水量等而定。概言之，土粒空隙大者，其容氣量必大。砂土容氣量最大，腐植土次之，黏土最小。細粒的單粒組織，或複粒組織，較由粗粒土所成的單粒組織容氣量小。水分愈多，容氣量愈小，反之則愈大。如富有黏土或腐植質膠狀物質的土壤，含水愈多，膠狀物質之膨大亦愈甚。結果土壤空隙，漸漸減少，空氣流通，勢

必爲之閉塞。

土壤的容氣量，有大容氣量與小容氣量之分。大容氣量是風乾狀態土壤的最大氣量，小容氣量是土壤飽含水量時的最大氣量。最大容氣量與由空隙量(%)減風乾土含有水分之量(%)相等。最小容氣量，與由空隙量(%)減容積百分率的飽和含水量(%)相等。最小容氣量的數字，愈近零字，土壤的性質愈不良；於腐植土及火山灰土常見之。據科柏克(Beck)測算的結果，土壤最小容氣量，最少在一〇—一八之間，平均爲一四，如在此數以下，就要施行排水。

在一定時間內，土壤中能流通空氣的容積，叫做通氣量。通氣量的大小，和以下二事有關：第一與空隙的大小有關，與空隙量的大小無關；第二，與土壤的含水量有關，含水量愈大，通氣量愈小。

土壤中的空氣，以能流通爲貴；否則炭氣過多，氧素缺乏，非徒無益，

反來有害。土壤中的空氣，乃是時時流通，并非停止不動。其所以流動的原因，可分下列五項：

(1) 由於氣體的自動 氣體分子本來能不停運動，所以地上下空氣能自然流動。

(2) 由於水溼的流動 雨水滲入地下時，須排除若干空氣，或驅之向外，或壓之下行，土中空氣乃全受變動。

(3) 由於地溫的增減 近土表的土層，受了氣溫的影響，時冷時熱；故土中空隙時漲時縮，空氣藉以流通。

(4) 由於大氣中氣壓的增減 大氣中氣壓的高低，與土中空氣伸縮之度，適成反比例。

(5) 由於風的吸力 風行地面時，能吸土壤中的空氣，然土壤過於緻密，則吸引亦難。

第六節 土壤與溫度的關係

土壤與溫度關係至爲密切，茲就其作用、來源、調節方法等，分別敘述如次：

(1) 溫度的作用 溫度的作用，可分三事來說明：

(A) 生理的作用 植物的根、莖、葉所營的生理作用，不問其在土壤中或大氣中，皆於溫度之一定限界內行之。在這限界以內，溫度愈高愈良好；又土壤中有機成分的變化，肥料的分解，亦與溫度高低有關係。但溫度過高或過低，仍覺不相宜。蓋溫度高，蒸發作用太速，水分有不足之患，易使植物枯萎；過低則因土中水分凝結，植物不能吸收，同時植物機能亦因冷而停止。茲舉數種植物生長溫度於下（以華氏溫度計）：

類別	最低溫度	適中溫度	最高溫度
玉蜀黍	四九	九二・六	一一五・〇
小麥	四一	八三・六	一〇五・五

大麥 四一 八三・六 九九・五
 至於種子發芽，亦有最低及適中溫度，茲再列表如下：

類別	最低溫度	適中溫度	最高溫度
小麥	三八	七七	九〇
稻	五〇	八八	一〇一
王蜀黍	四五	八五	一〇〇

此外光合作用，即炭素同化作用，亦有一定溫度。如稻最高八二度，最低七五度；棉花最高八二度，最低六七度。又土壤中微生物的繁殖，亦以溫度為比例。

(B) 理化的作用 關於物理的作用，溫度低，則水分結冰，能助土粒的鬆碎，冬耕即是此種道理。高溫能促進蒸發作用，以助氣水的流通。

關於化學的作用，溫度高，則化學作用盛，氧化及炭酸化作用，均在高溫時盛行。又微生物的分解作用，及其他硝化作用等，亦以高溫時最盛。

(2) 溫熱的來源 土壤溫熱的來源，大約不外地心熱、化學熱、太陽熱三種：

(A) 地心熱 地心熱即地球內部所發出的熱。這種熱能傳於地表，深層的土壤，受地心熱影響最大。

(B) 化學熱 有機物分解時，發生熱力甚多，如廐肥的發熱，高溫可達百度外，故園藝家常利用以充溫床。

(C) 太陽熱 太陽表面溫度，約六千度。其放射之熱，至地面後，一部被地面反射，一部被地面吸收，而成爲土壤熱；此爲主要熱源。

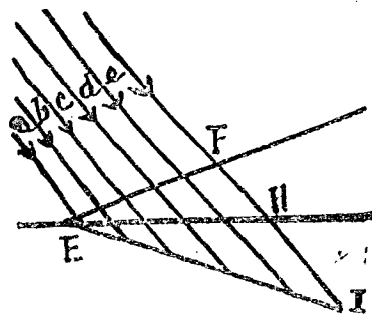
(3) 土壤溫度不同的原因 土壤同曝於日光下，其受熱量每不一律。這由於表面土壤的色澤，地面傾斜度，及傾斜方向，土壤狀態，土壤的成分等而起。但僅限於上層土壤，始有溫度變化；下層土壤在一〇公尺至二〇

公尺處，不論何處都一律，是即所謂恆溫層。再下則受地心熱所支配，大約每下降三公尺，溫度增高一度。至於上層，亦以愈近表層變化愈大，漸下則漸緩。在距地面一〇公尺處，地溫變化較氣溫變化，約遲二二三小時。一公尺至二公尺深處，每日間氣溫變化，已不能感覺。茲將表層土溫變化原因，分述如下：

(A) 土壤的色澤 暗色的土壤，尤以黑褐色為最；對於太陽熱幾全部吸收；反射者甚少。淡色或白色土，則大部反射，少量吸收。故腐植質土常較其他土壤溫度高。叔布勒氏以四種顏色不同的風乾土壤，分裝在四個箱內，曝於炎夏日光中後，白色滑石粉末的表面溫度為四三度，而黑色腐植質土則為四七·四度。他又以黑煙煤及鎂粉散佈土面，在炎夏日光下數小時後，測得黑面土與白面土溫度之差，約為七度。可見乾燥土壤的顏色，與土溫有甚大關係。

(B) 地面傾斜度及其方向 土壤面與來射綫間所成的角度，於熱之吸收上，大有影響。即來射綫愈近於土壤面的垂直綫，其反射愈減少，且所受光綫愈增加，吸收熱愈多。同一傾斜度與傾斜方向之地，因冬夏日光照射的角度不同，而土溫亦不同。如下圖 a b c d 等綫為太陽光綫，E F 為南向的斜面，E H 為為水平面，E I 代表北向的斜面。可知以 E F 為邊所成的正方形，較以 E H 為邊的正方形小；以 E H 為邊的正方形，較以 F I 為邊的正方形小。但三正方形面積內，所受的热量則相等；故正方形面積愈大者，其單位面積內所受的热量愈小，反之則愈大。南向斜面較北向斜面，同一面積內所受之热量大；所以南向土溫較北向高。

(C) 土壤的比熱 所謂比熱就是：在平常溫度中，水溫升高一度，所



地面傾斜度與光綫

需的熱量（卡路里），與同量土壤昇高一度溫度的熱量的比例。左表爲土壤及與土壤有關諸物體的比熱。

水	一.〇〇〇	空氣	〇.二四	黏土(平均)	〇.二二
水	〇.五〇	岩石(平均)	〇.二五	泥炭土(平均)	〇.四六
水蒸氣	〇.四八	砂土(平均)	〇.二〇		

比熱大的不易受熱，亦不易冷卻。比熱小的，易熱易冷。若土壤中無空氣和水分，則各種土壤當同樣吸收熱量，而表示同樣的溫度。但土壤皆含空氣與水分，且其含量又不同，所以比熱有大小之別，溫度之昇降，有高低之差。據華奈氏研究：砂的的空隙量有四一·五，腐植質七五·四，黏土五八·三，由計算上得各成分之比熱如下：

濕潤狀態	砂土	腐植質	黏土
乾燥狀態時	〇.三〇二	〇.一四八	〇.二四〇
充分溼潤時	〇.七二三	〇.九二三	〇.八二三

中度溼潤時 ○。五一○ ○。五二五 ○。五三二

從上表可知，各種土壤的比熱，隨水分之增多而加大。比熱大，則溫度的昇降亦遲緩。實際上砂土含有水量甚少，腐植質含水量常多，其比熱之差更大；而溫度之昇降，亦大有遲速之別。

(D) 水分的多寡 水分能使土壤比熱加高，還能助熱之傳導。並於滲透之時，將表層之熱，移往下層。不但如此，水分蒸發之時，因為需要蒸發熱，奪去土溫，使土壤溫度下降；其下降之度，隨水不同。例如在砂質高燥草原地，其因蒸發所消失的熱，為日中所吸收熱量之一〇——三〇%，而在腐植質的牧草地，則為二〇——五〇%。故溼潤土壤常較乾燥的土壤低。

(E) 被覆物的有無 土溫之高低，受被覆物影響很大。土壤有植物茂生，或以枯葉，藁稈等覆蓋，在夏季則較冷於裸露地，冬季則反為較暖；

從此可知裸露地較被覆地溫度變化大。森林土壤有枝葉遮蔽，又有枯葉覆蓋地面，不易受日光，所以其土溫常低。雪亦為覆蓋物之一種，積雪於地面時，有阻止溫熱放散之力。故被雪覆蓋的地方，較無雪之地，溫度常高二度以上。

(4) 熱之傳導與輻射 熱之傳導，乃熱由暖部移向冷部。各種物體對於熱，有良導和不良導之別，即傳導度有大小之分。土壤及與土壤有關諸物體的傳導度，大約如左：

岩石(平均)	三〇〇	砂土	五三
水	一〇〇	壤土	四五
冰	三三〇	黏土	三二
雪	八〇	腐植質	二四
空氣	四		

乾燥土壤為不良導體，和木材的傳導度相差不多。但飽含水分時，據卡

斯騰 (Nansen) 的實驗，砂土較大二·八倍，壤土大二·二倍，腐植質土大〇·八倍。大概土壤與土壤的傳導度，視水與腐植質的含量而定。多含水分，則傳導度大，多含腐植質，則傳導度小。

自土壤表面，將熱放散於空中，叫做輻射。這種現象，在土溫比氣溫高時為最甚。相差愈大，失熱亦最多。輻射熱量和土壤裸露面積成比例，而與土壤之色澤、種類等則無關係。又熱之輻射，在曇天較晴天常少。若於苗圃或森林中燻烟，或覆蓋稈，可以防止熱之輻射。所以冬季寒夜燻烟或覆蓋，可以防禦凍害。

(5) 普通土壤之溫度 土壤的溫度，視太陽熱之吸收量，土壤之比熱，及水分之多寡而定。所以判定各種土壤的溫度，極為不易。茲將下列四種土壤，由原理上分別其溫度的高下；則其他各種土壤，以此為準據，不難推測而知了。

(A) 乾燥暗色土 這是富於腐植質的乾土，在日照期間，溫度甚高，日沒後亦易冷卻，一日間的溫度變動頗大。生長此土的作物，容易罹霜害。

(B) 溼潤暗色土 這是富於腐植質的溼土，日間因比熱大及蒸發之故，土溫常低，但一日間的溫度變動不大。

(C) 乾燥淡色土 這種土壤，不易熱亦不易冷，故一日間溫度變化亦小。缺乏腐植質的砂土及壤土皆屬此類。

(D) 溼潤淡色土 這種土壤，亦是難熱難冷的土壤，而其土溫較前者尤低。一日間變化甚小，因無有機物，故無還元作用。

(6) 土溫的調節法 土溫對於植物生育關係甚大，若任其自然高低，則收穫有時不免受影響；可以人工方法，相機調節之。茲舉其重要方法如下：

(A) 作南向的斜坡，北方建白壁或防風林。

(B) 地面覆蓋粗砂或疏鬆有機物，並於土面施耕耘，使之疏鬆。

(C) 溼地行排水法，可加高土溫，據克普 (Kipp) 的觀察，排水地較不排水地，可高二——七度。

(D) 乾燥地行灌溉，又結霜期間，田間灌水。

第七節 土壤的凝集力黏着力及摩阻力

凝集力乃土粒間互相牽引之力。這種力之大小，因土粒大小，化學成分，水分多少，及組織疏密等而不同。土粒中以黏土凝集力最強，砂質和腐植質土最弱。所以多含黏土的土壤，不容易耕耨；多含砂土的土壤，容易耕耨。

土壤中存在的鹽類，和凝集力亦有關係。有因凝集力增大者，有因凝集力減少者。如鈣鹽加於黏土中，可以減少黏土的凝集力。

又水分與凝集力，亦有重大關係。如黏土及腐植質土，含有中等水分時，凝集力大；水分過多時，則凝集力反而減少。所以耕地必視土壤含水量適當，始可工作，以經濟勞力。

測驗土壤凝集力，可將溼土擰成圓柱形，計其壓碎或屈撓之力，與黏土對照，即可知其結果。茲示重要土壤凝集力如左：

土壤種類

凝集力

純黏土

一〇〇

腐植質土

八七

砂土

〇

耕耨之難易，不只關乎土壤的凝集力，又因構成農具的物質，與土壤的黏着力，及兩者的摩擦力而異。

土壤的黏着力，即農具與土壤間所引起的分子引力。這常因土壤的種類、含水量、構成農具的材料不同。以土壤種類來說，黏土的黏着力最大，

腐植質土次之，砂土爲最小。以土壤含水量來說，土壤乾燥時，黏着力常小，含水量愈多，黏着力愈大。但含水量過多，黏着力反減小。以農具材料來說，農具以木製的，耕作時土壤的黏着力，較鐵製的爲大。

耕作時，土壤與農具接觸，常發生一種阻力，以障礙農具推移，這叫做土壤摩阻力。土壤摩阻力之大小，影響於耕耨之難易。凡土壤乾燥，土粒粗大者摩阻力大；反之，土壤溼潤，土壤細小的，則摩阻力亦小。

第八章 土壤的吸收力

土壤中存在之水，謂之土壤溶液。土壤溶液中，溶有各種養分，爲植物生長所不可少之物質。這種物質，全恃土壤的吸收力，方能不斷地供給，以應植物的需要。木炭能吸收濁水中的色素及臭氣，土壤亦具有如木炭的吸收能力。

第一節 土壤中養分的吸收力及其種類

土壤有從溶液中，吸收各種物質之性；以有此性質之故，凡土壤中存有可溶性營養物自不待言。即以肥料而施於土壤中的，能為其所吸收并保持，以供植物之營養。這種性質叫做營養物吸收力，又叫做吸肥力。

土壤之吸收作用，可分為二種：一曰膠質反應，一曰化學反應。前者如全鹽吸收，交換吸收，選擇吸收等，皆由膠狀黏土及腐植質作用所致。後者如化學吸收，由於化學之反應而起。茲再分述之：

(1) 全鹽吸收 乃將溶液中的鹽類，整個吸收之現象。凡土壤中的膠質，大抵有此性質，而尤以膠狀氧化鋁及膠狀氧化鐵的作用為最顯著。

(2) 交換吸收 這是鹽類中的鹽基，為膠質所吸收，同時膠質中原有吸着的鹽基，相當分量的置換於溶液中的現象。營此作用的成分，為飽和吸收之膠質黏土及腐植質。例如氯化銨中的銨，被膠狀黏土所吸收，同時有

相當之離金屬交換。

(3) 選擇吸收 這是土壤膠質從中性鹽的溶液中，同時吸收鹽基及酸，惟其吸收之量不同，或鹽基較多，或酸較多，結果外部的溶液，或成酸性，或成鹼性。吸收鹽基較多而酸較少的，為吸收未飽和的膠質矽酸、膠質黏土及腐植質（酸性腐植質）。吸收酸多而鹽基少的，為吸收未飽和的膠質，氧化鐵及膠質氧化鋁。

(4) 化學吸收 這作用係對於磷酸吸收來說的。是土壤膠質外方所起的化學反應，生成沈澱物，並非真正的吸收。可分為三種：

(A) 置換吸收的結果，由土壤膠質中溶出的鈣或鎂，復與溶液中的磷酸化合，成難溶性的磷酸而沈澱。

(B) 磷酸一石灰中的磷酸，被土壤吸收過多，致溶液中生成磷酸二石灰而沈澱。

(C) 溶液中的磷酸，和土中的碳酸鈣、碳酸鎂、碳酸鐵等，直接化合，成爲難溶性的磷酸鹽。

第二節 鹽基及酸的吸收

土壤所吸收鹽基及酸的量，依其種類大不相同：第一，鹽基中的吸收量最多的，爲鉀及鈹。鎂和鈣次之，鈉最少。第二，酸的吸收量最多的，爲磷酸和炭酸，硫酸和氧次之，硝酸的吸收量極微。凡土壤對於酸或鹽基的吸收，有一定的限度，這限度叫做最大吸收量。在這種情形時，鉀和鈹的吸收量相當，即土壤能多量吸收鉍者，鉀的吸收量亦多。在吸收試驗的溶液中，鉀或鈹不能吸收盡淨，而磷酸的吸盡，則常有之。鉀及鈹的吸收頗迅速，往往數小時內，就可以平衡。而磷酸的吸收頗緩慢，須數日後方達平衡狀態。

鹽類溶液中，酸及鹽基的吸收量，視下述事項而定：

(1) 溫度 溫度有促進化學的吸收作用之效，雖對於鹽基的吸收作用，沒有多大影響，但對於磷酸的吸收作用，則關係頗大。所以精密試驗，多在溫度較少變化的地下室行之。

(2) 時間 吸收作用之完結，須有若干時間，此應需要的時間，隨吸收作用之物質種類而異。據實驗的結果，銨、鉀之吸收所要時間最短，磷酸之吸收上需時最長，氧化鉀則居其中間。

(3) 溶液的濃度 土壤所吸收之物質，其量隨溶液的濃度而增加；但其吸收量並不與濃度成比例。例如以銨的含量 0.170 公分，及 0.511 公分的氯化銨溶液試驗，則前者吸收 0.068 公分，後者僅吸收 0.126 公分。

(4) 溶液的反應性 溶液微帶鹼性時，則鉀及銨的吸收量增加。如微帶酸性時，則磷酸的吸收量增加。普通土壤皆為中性或微鹼性。其呈酸性者

叫做酸性土壤，呈鹼性者叫做鹼土。都是土壤之病，於栽培作物上，實有莫大之障礙。

(5) 溶液的濃度相同時，則吸收量隨溶液量而增加，但有一定限制。

(6) 土壤的乾燥 營吸收作用的，大概含水，而且為膠質物。此等成分的含水量，或膠質物的性質上有變化時，其吸收作用，則隨應變化之程度而生差異。土壤之乾燥，乃所以變化營吸收作用各成分的含水量，及膠質物之性質者。據泰社(Tache)的實驗，若百度乾燥時，其吸收量將減少三分之一，可見土壤因曝露於日光而乾燥，則其吸水力亦多少受影響。又吸收力過於強大的重黏土，可以燒土法改良，就是這個道理。

第三節 土壤吸收力的檢定法

據前節所述，則知土壤吸收力的強弱，關係植物生育上甚大。因其能防

止重要養分的流失，調節溶液之濃度，故在土性調查上，萬不可忽視。檢定土壤之吸收力，可別爲兩種方法：

(1) 細管過濾法 置土壤於細管中，注入一定濃度的溶液，十次以上。每次少量注入，使滲透土層而出，至不能再吸收時，於是集其全體的濾液分析之，計算其所吸收之量，是即最大的吸收量。

(2) 瓶中浸漬法 將風乾細土五〇公分，置於燒瓶中，加一定量的溶液振搖後，靜放四十八小時，取其上澄液或濾液一定量，行定量分析，而計算其吸收量。此法最爲普通，所用試驗溶液，多爲氯化銨、磷酸鈉、磷酸銨、磷酸鈣等。

凡土壤吸收力之試驗成績，均以細土（風乾）一〇〇公分所吸收之量，（用 0.001 公分表示之）是名爲土壤吸收力率。依照多種試驗，鉀和銨的吸收，常成爲當量之比例，所以知其一，即可知其他。

日人鈴木重禮氏，曾定土壤吸收率強弱標準，茲誌於次：

(甲) 氮之吸收率

量 氣化銨法

甚多 一五〇以上

多 一二五—一五〇

稍多 一〇〇—一二五

中等 八〇—一〇〇

稍少 六〇—八〇

少 四〇—六〇

甚少 四〇以下

磷酸銨法

四五〇以上

三五〇—四五〇

二五〇—三五〇

一五〇—二五〇

一〇〇—一五〇

五〇—一〇〇

五〇以下

(乙) 磷吸收率

量 磷酸鈣法

甚多 一二〇〇以上

多 二五〇—三〇〇

稍多 二〇〇—二五〇

磷酸銨法

一二〇〇以上

九五〇—一二〇〇

七五〇—九五〇

中等	一五〇—二〇〇	六〇〇—七五〇
稍少	一〇〇—一五〇	四五〇—六〇〇
少	五〇—一〇〇	三〇〇—四五〇
甚少	五〇以下	三〇〇以下

火山灰土及腐植質土吸收率最強，尤以對磷酸之吸收為甚，而砂質土則最弱。

被土壤所吸收的鉀、鈹等，雖難溶解於水，但常以水洗之，則漸溶解水中，如含有炭酸之水，則溶解更大。

溶液中的鹽基，能和土壤所吸收的鹽基，發生置換作用；所以海水浸入土壤之害，及食鹽、石灰、石膏等間接肥料之效能，亦可以此理解釋其一部。

磷酸被吸收後，水或炭酸水極難抽出，所以排水管排出水分中，磷酸的含量極微。富於石灰的土壤，施酸性磷酸後，變成磷酸二鈣，或磷酸三鈣

而沈澱，磷肥效能可保持較久。如土中缺乏石灰，而富於膠質氫氧化鐵及氧化鋁，則水溶磷酸，被其強烈吸收後，變成不可用性的鹽基性磷酸鹽，所以土中施生石炭，可助磷酸鈣生成，實為有益之舉。

第四節 吸收作用的效果及弊害

(1) 吸收作用之效果，可分以下各點：

(A) 防止營養物流失 以肥料施與植物的營養物，或因自然分解作用，自土壤生成的溶解性養分，如無吸收保存作用，一遇降雨或灌溉水，不免有流失之虞。土壤有吸收力，可以保持營養物，以供植物需要。

(B) 調節土壤溶液的濃度 適於植物根吸收之溶液濃度，在幼植物為○·一%內外，對於成長的植物，以○·五%內外為最適宜。濃度若超過一定限度，則根之機能停止。在普通土壤，若水分蒸發，溶液濃厚，則土壤所吸收多量的溶質，而使土中水分稀薄；若雨水降下土中，水分稀薄，

則土中所吸收的物質溶出，而使濃厚，故能調節溶液之濃度，不使極濃，亦不使過於稀薄。

(C) 爲施肥的指針 以土壤吸收力之強弱，定施肥之種類。例如以可溶性肥料——硫酸鈣，或過磷酸石灰，一度多量施於砂土，則使土水變濃，不適於植物的生育；而於幼稚植物且有萎凋或致死之虞。其施肥於多雨之時，又不免有多量養物流失。所以對於此種土壤，應以含可溶性成分少，而分解緩慢之肥料，如廐肥、堆肥、綠肥等施之。因此種肥料分解遲緩，必待分解後始能有效。植物隨分解而攝取養分，但無流失之虞，且可免土水濃厚之害。如果必欲施用可用性肥料於此土壤，亦應分數回施之。富於吸收力的土壤，無論施用何種肥料都可。惟硝酸肥料，則仍以數回分施爲宜，以其不吸收於土壤之故。

(2) 吸收力過小過大之弊害

(A) 吸收力過小的土壤，例如砂質土，養分容易流失，尤以氮素肥料爲最。又水溶肥料施用後，若是天氣久晴，水分蒸發過多，土中溶液又兼過濃，在這種情形時，應限制少用水溶肥料，選用有機肥料。又如施用水溶磷肥以前，先施石灰岩粉末。

(B) 吸收力過大的土壤，所營的吸收作用，全爲非置換的吸收作用，富於吸收未飽和的膠質物。若在這種土壤施用水溶肥料，則必被它堅固吸着，不易爲植物所利用。換句話說，根的吸收力，不及土壤吸收力之強，若先施多量的養分以飽和，實亦非經濟上所許可。凡富於腐植質土及火山灰土，常見此種現象。在這種土壤，宜用濃厚有機肥料；如欲施用水溶性肥料，應先施用石灰。

第九章 土壤中的微生物及其作用

土壤中存在有許多菌類，這菌能起一種作用，使土壤發生物理的或化學的變化，把不可用的養分變為可用性，以供植物的吸收。茲詳細敘述如下：

第一節 土壤中細菌的種類

土壤中存在之細菌，種類非常之多，就形態來說，約有四十餘種，但就其效能來說，和耕種有密切關係的不過數種；如腐敗細菌、硝化細菌、硝酸還元細菌、氮素固定細菌等，都關係重要，從事農業者不可不注意。

第二節 土壤中細菌的數量

土壤中各種可溶性無機鹽類，和含氮有機物，頗適於細菌的繁殖。且所施有機肥料，如人糞尿、堆肥等，亦含有多量細菌，耕入土中後，各種細菌滋生繁殖，數量愈增大。普通一公分土壤中，平均含有細菌數量如左

表：

砂土表面	三八〇〇〇	壤土表面	五〇〇〇〇〇
砂土二〇至二五公分深處	五〇〇〇〇〇	壤土二〇至二五公分深處	四六〇〇〇〇

上表數目係一般狀況，實際亦視下列情形而定：

- (1) 因土地利用法不同，林地比耕地少，耕地比住宅地少。
- (2) 因土壤種類不同，砂土較黏土及腐植質土少；但過黏重，或空氣流通不良，其數目亦常減。
- (3) 因耕種方法及施肥數量不同；勤於耕耘或施肥量多的土壤，細菌數多，反之則少。
- (4) 酸性反應土壤，如森林地、泥炭地等，較耕地細菌少。因細菌喜微鹼性反應之土，酸性反應每不能盛行繁殖。
- (5) 細菌繁殖，離海面愈高之處，數量愈減；所以高山區域較平原細菌

數量少。

(6) 土壤表層(表面下二〇—五〇厘米)，較下層細菌數量多。因表層空氣、溫度及水分，都適於細菌繁殖。

第三節 細菌生活與外界的關係

細菌的生活，常受溫度、空氣、水分及養料等影響，如果這些條件都合，則細菌盛行繁殖；否則衰敗或滅亡。茲再分別述之：

(1) 溫度 一般細菌生活，除極端溫度外，大都受溫度的影響甚多。在冰點時，細菌多停止活動，呈休眠狀態。在冰點以上，溫度愈高，繁殖愈盛，至四〇—七〇度時，則又停止。又溫度能促進土壤化學作用，對於細菌生活，亦有間接作用。

(2) 空氣 空氣亦是多數細菌生活的要件。土壤中細菌，可依其需要空氣與否，分為好氣菌與嫌氣菌二種。前者生存於水分適中，空氣充足的土

中，多爲有益細菌。後者生存於飽含水分，而空氣不甚流通的土壤，多爲有害細菌。

(3) 溼度 溼度與細菌繁殖亦有關係，在最適宜範圍，始能盛行繁殖。不過土壤的溼度，因一地方雨量多少而異，所以細菌的滋生，又間接受制於雨量。過於乾燥的土壤，細菌必因水分缺乏以枯死。反之，土壤中水溼過度，空氣不能流通，細菌因缺乏氧素，亦不能繁殖。

(4) 養料 多數細菌所需之氮素，都仰給於有機物的分解，所以有機物豐富的土壤，細菌才能够生存。又在有機物分解進行之際，細菌的繁殖，亦時盛時衰，其衰弱的原因，乃自身產生有害物質的緣故。

從此可知，土壤中細菌受外界的影響很大，欲求耕地細菌繁殖，必須施充分有機肥料，勤加耕耘；同時注意排水，幫助空氣流通，使其生活條件完備。

第四節 土壤中的絲狀菌

土壤中除細菌外，尚有多數的絲狀菌。據瓦克斯曼 (Waksman) 研究，一公分土壤中，含有如下之數

森林土 一五·一萬

菜園土 五二·五萬

果園土 二五·〇萬

溼草地 七五·五萬

絲狀菌的分佈，自地表至地下三寸間爲最多，愈下則愈少。至一尺到二尺半間，已無絲狀菌踪跡。在富於有機物質，空氣不十分流通的土壤，這種菌繁殖最盛。普通耕土中細菌較多。又酸性土多絲狀菌，而鹼性土則甚少。

絲狀菌對於有機物質分解作用，較細菌作用旺盛。惟對於土壤無何直接利益；但能幫助腐植質造成，供給氮素固定菌養料，則不無間接利益。

第五節 土壤中的原生動物

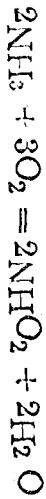
第九章 土壤中的微生物及其作用

土壤中不獨有菌，還有原生動物，如變形蟲及鞭毛蟲等。這種東西，土壤中很多，但在乾燥氣候，土溫近冰點時，則不活動，而呈休眠狀態。

土壤中的原生動物，對於作物有害而無益。因其食物大多為細菌，土壤中有益細菌，有被其滅絕的危險。故土壤經二硫化炭、哥羅仿等消毒，或高溫乾熱後，植物生育更覺良好。從前以為係土中有害細菌殺滅之故，據近年研究結果，才知土壤原生動物被殺滅，有益細菌乃能充分繁殖。

第六節 硝化作用

土壤中含氮素有機物，經過腐敗後，便要發生氮；再經一種硝化菌作用，就變成亞硝酸；更由亞硝酸變成硝酸，這種作用，叫做硝化作用。營此作用的細菌有二種：一為亞硝酸菌，一為硝酸菌。前者能將氮氧化為亞硝酸，後者能將亞硝酸氧化為硝酸，茲將硝化作用之經過，以方程式表之。





亞硝酸菌僅能將氮變成亞硝酸，不能直接成爲硝酸；而硝酸菌亦僅能氧化亞硝酸成硝酸，不能使銨成亞硝酸。所以二種微菌，在土中常共存共榮，決不能單獨存在。

硝化細菌性質，和普通細菌完全不同，因其不攝取有機物質，而利用無機物質爲營養。且本身雖無葉綠素，亦有同化作用的機能。

硝化作用既爲細菌作用，欲使土壤暢行此種作用，必須硝化菌盛行繁殖。但硝化菌之盛衰，又視外界情形而定，分述如下：

(1) 土壤性質及養料 硝化菌之生存，不宜於酸性土壤，故酸性土壤應以鹼性物中和之。養料中須含有各種無機鹽，如磷酸鹽、碳酸鹽等，尤以石灰爲最要。因石灰能中和酸性，且能與碳酸化合成酸性碳酸鈣，供給硝化菌的炭素。但石灰含量過多，則硝化作用反爲遲緩或竟停止。

(2) 空氣 硝化是一種氧化作用，須有適當氧素。所以空氣充足地方，這種作用較爲旺盛。飽含水分的土壤，則硝化作用必行停止。氧素的多少，與生成硝酸量頗有關係，大抵空氣中氧的含量與生成硝酸量成正比例。

(3) 溫度 硝化作用，亦須適當之溫度。在攝氏五度，作用極爲微弱。由此而上，溫度愈高，作用愈盛，以三十度左右爲最盛。過三十度以上，則又逐漸衰弱，至五十度則完全停止。我國北方寒帶土壤，硝化作用以夏季爲盛，冬至即行停止。南方則終年盛行，但有時較北方含氮較少，則因其地氣候之故。

(4) 日光 硝化菌不喜日光，凡屬細菌都有此性格，故土壤表面無硝化菌，地面下日光不能透射之處，方才有之。這是日光對於硝化菌之影響。

(5) 濕度 濕度與硝化作用亦有關係，如旱時土壤乾燥，硝化菌亦因失水而死；但土壤過於溼潤，則又因空氣不通，溫度降低，硝化作用亦必衰

弱。水田硝化作用，不及旱田旺盛，就是此種道理。故硝化菌之溼度，以適可爲止。

第七節 銨化作用

土壤有種菌類，能將含有蛋白質的有機物，分解爲氨，由氨所生之銨化合物，可供硝化菌利用，最普通的銨化菌，如蕈狀桿菌、螢光菌、枯草菌、變形桿菌等是。又有尿素菌，能將尿素分解爲碳酸氣及氨。銨化作用在中性反應或微鹼性的土壤，最爲盛行，故注意排水及施用不過量的石灰，可促進銨化作用。但有時銨化作用，過於旺盛時，一部分氮素變成游離氮氣而飛散，亦常有之。

第八節 脫氮作用

脫氮作用也叫做硝酸還元作用，這種作用和硝化作用相反。乃隨氧氣缺乏之時，所起的氧化作用而生之一種變化。主爲硝酸化爲亞硝酸，亞硝酸

化爲游離氮氣，在農業上頗爲有害，因硝酸鹽是植物有益的養料，一旦還元飛散，養料損失甚大。

脫氮作用，最初以爲一種化學作用，及嘉陽 (Gayon) 等出，始知爲生物的作用。這種細菌名爲硝酸還元菌，係一種嫌氣性桿狀菌，土中有有機物，方能生存。糞糞、綠肥及新鮮廐肥，皆爲其重要養料。茲將脫氮作用與外界關係列下：

(1) 空氣 脫氮菌在空氣流通的土壤中，完全停止。而在土壤閉塞，空氣不流通時，方始盛行。能將土中硝酸鹽類，如硝酸鉀、硝酸鈉、硝酸鎂等，盡行分解。

(2) 有機物 硝酸還元菌的炭素，全自有有機物中得來。因之，土壤中有機物愈多，還元作用愈盛。所以施用廐肥，務擇其充分腐熟者。

(3) 水分 水分多時，硝酸還元作用亦盛，故水田較旱田爲甚。因之，

水田不當施用硝酸鹽，如用於旱田，亦不宜與有機物同用。

第九節 游離氮氣固定作用

土壤中的攝取游離氮氣作用，亦由細菌的作用所致。這種細菌有兩種：一為氮細菌，係一種獨立生活的細菌，不藉他植物之力，而能單獨吸收空氣中的氮氣。一為根瘤菌，係與豆科植物共生的細菌，凡豆科植物根部的瘤狀物內，皆含有之。亦能將游離氮氣，固定於土中。茲分別述之：

(1) 獨生氮細菌 此種細菌又分為兩種：一曰梭菌，係土中分佈甚廣的嫌氣性桿狀菌。產生孢子時，成短紡錘形。這種菌對於澱粉及纖維素不能分解，惟二三種炭水化合物及糖類，則能發酵而成乳脂酸及醋酸，同時有炭酸氣及水發生。藉此發酵力，能將游離氮氣固定。二曰定氮菌，乃一種好氣性桿狀菌。此菌略呈卵形，廣佈於上層土壤中。其對於純粹的纖維素不能分解，須藉他種菌類作用，變成糖類及有機酸後方能利用。

(2) 共棲根瘤菌 前人經驗所得，豆類用物，如他種養料不缺乏時，雖無氮肥亦能生長良好。又其後作物的氮肥施用量，亦可減省，不過不明瞭其所以然。經德人赫爾里格 (Herrigel) 等研究，始知爲其根瘤內的細菌作用，將土中游離氮氣固定所致。赫爾里格以豆科植物分二組，植於無氮素的土壤中。一組時時澆蒸溜水，其他一種，則蒸溜水中，略加自田土中濾出之水。結果則僅用蒸溜水者，只生長少許，而用田土過濾水者，則充分生長，綠葉鮮明，根部有甚多的根瘤。土中氮的含量，較種子中原有者增多百倍。

根瘤菌亦爲一種好氣性桿狀菌，各種豆科植物，各有不同種類的桿狀菌。凡栽植豆科作物的田土中，多含有之。遇有豆科作物栽植時，其根部能分泌一種液體，以引誘之。根瘤菌自表皮侵入根中，形成根瘤，吸收寄主的炭水化合物，同時多量游離氮氣，同化爲蛋白質。這種蛋白質，被根瘤

中消化液所溶解，運至他部，以供寄主之利用。迨後根瘤萎縮破裂，其根瘤菌復返土中，靜待新寄主來，再行共棲。在外界環境適宜時，根瘤菌對於氮素固定量，較氮細菌爲多。其所固定的氮素，大部爲寄主所吸收，尙有一部分，則含於殘根及瘤中，可增土中氮素的含量。其量亦視作物種類及其生長狀態而異，故施用綠肥以爲氮肥，以豆科植物最爲適宜。

(3) 游離氮素固定菌與外界關係 氮素固定菌，亦和他種固定菌相同，必須有下列條件，方能繁殖。

(A) 空氣須充分流通。

(B) 溼度須適宜。

(C) 土中有充分的炭水化合物，如澱粉、糖類、腐植質等。

(D) 土壤化學反應，須爲中性，或微鹼性，而忌酸性。

第十節 土壤的接種

田土中缺乏氮素固定細菌時，而把這種細菌，移植於該土中，謂之土壤接種。因氮素固定細菌，並非各地皆有，尤以新墾土為甚，故用人工接種法以補救之。最早的接種法，乃以濾過土壤之液，接種在已殺菌的土壤，其後植物根部發生小瘤，這是細菌學又一實用。接種土壤的細菌，約分為二種：即獨生氮細菌，共棲根瘤菌。

獨生固定氮細菌，接種於土壤，有時亦無良好結果；且因其他關係，以致土壤氮氣反來失去。根瘤菌接種，多屬有利。但各種豆科作物，各有其特別根瘤菌；故甲種豆科作物的細菌，不可接種於別種同科作物，這是應該注意的。

土壤接種的方法，可分為下列三種：

(1) 以土壤接種法 以富於根瘤菌的各種土壤，接種於砂土、新墾土及犁起心土等區。則接種之土壤，作物生長，較不接種的優良，收穫豐富。

惟施於砂質壤土及黏質壤土，不甚見效。又以二種豆科作物，同植於一地，而以一種土壤接種，其中有一種根瘤不發達，可見根瘤菌各有其相當寄主。此法雖有明確的良好結果，但施用多量土壤，以笨重而費用多，且易傳入他處的病害，實爲一大缺點。

(2) 過濾接種法 將土壤過濾液，接種於已殺菌之土壤。這種接種法，經過最久的試驗，其方法略同，弊亦相等。但不如前者費高。

(3) 純粹接種法 乃以純粹的細菌，移植於土壤。純粹菌種的培養基，以固形膠質爲之。但有時因細菌存留過久，遂失去繁殖力。或因膠質含氮過多，以致細菌繁殖力減弱。又或因溼度、溫度不適於細菌久存，亦常見效驗。

土壤接種，常因外界事物而異，茲分述之：

(1) 下列事項，接種不關重要：

(A)土壤富於氮素，(B)豆科作物屢有栽種者。

(2)下列情形，接種有裨益：

(A)前種之豆，不生根瘤，(B)欲種之豆，與前不同類，(C)土壤有機成分含量少。

(3)下列情形，接種難收效：

(A)植豆科作物於酸性土壤，(B)土壤缺鉀、磷成分及有機物，(C)土壤的物理性質變劣，(D)土壤已飽受接種者。

第十章 土壤的分類

土壤之分類，頗不容易；有因化學的成分而分的，如含石灰多的，叫做石灰質土；富於腐植質的，叫做腐植質土；富於鐵分的，叫做鐵質土。有因地形而分類的；如在平坦位置的，叫做平坦土；在傾斜位置的，叫做傾

斜土。又有因最適作物的種類而分類的；如煙草土、大麥土、小麥土、大豆土之類。但這都不是適當的分類，其比較完全而為各國通用的，則為準據土壤組織成分的分類法。

第一節 以岩石分類

以土壤所生成的岩石——火成岩、水成岩、變質岩，及地質系統而分類；從前歐洲極盛行，若花崗岩土壤、安山岩土壤、古生紀土壤、第三紀土壤等，均以生成之岩石或地層命名。但同為一種火層岩，因氣候的關係，亦常形成不同種類的土壤。又有不同種類的火成岩，而其風化產物性狀極相似的也有。以地質系統來說，同系統中，因含有岩石種類不同，生成多數不同的土壤，這種是常見的事實。此外尚有風化產物變化的原因，而其分類愈形困難。這種分類，對於農產毫無價值。

第二節 以土壤的物理成分分類

這種分類方法，比較是最普通，乃以土粒大小及腐植質含量為標準，茲分述如左：

(1) 礫土 礫土主要成分為石礫，普通含量在五〇%以上。大都土性瘠薄，水分缺乏，不適用於種植。此種土壤中細微土之量，不至超過三十五%，凡細微土粒之量愈多，其土壤價值愈增大。所以有砂質礫土、壤質礫土、埴質礫土等名稱。

(2) 砂土 砂土含有八〇%以上的砂粒，一二·五%以下的黏土。這種土壤對於植物之生育，由於砂粒大小及成分而異。以細粒而為長石、雲母成分者為最優。而含黏土較多的稱為壤質砂土，含石灰質多的，稱為石灰質砂土，含腐植質多的，稱為腐植質砂土。略舉其特性於次：

(A) 凝集力、附着力都很小，容易耕種。

(B) 空氣和水分容易流通；但因滲水性過大，常慮其乾燥。

(C) 水分含量不多，空氣流通，有機物質容易分解。

(D) 吸收保水力都薄弱，可溶性養分容易流失。

(E) 因比熱小，易熱易冷，使植物易罹霜害。

(F) 所種植物，成熟甚早，故有早熟之稱。

(3) 黏土 這種土含黏土五〇%以上，砂五〇%以下。含黏土愈少，砂粒愈多，則名壤質黏土。含石灰質多，則稱石灰質黏土。含腐植質多，則稱爲腐植質黏土。其特性略舉如下：

(A) 凝集力附着力均強，耕種不容易。

(B) 土粒組織緻密，溼時膨脹，乾則收縮而生龜裂，常傷害植物之根部。

(C) 保水力大，滲透力弱，常有淤水之患。

(D) 保蓄養分力強，且富於吸收力，可溶性肥料不妨多施。

(E) 空氣不易流通，有機物分解遲緩，不可施未充分腐熟肥料。

(F) 不易溫暖，也不易冷卻。

(4) 壤土 這種土壤含砂七五·〇%——六二·五%，黏土二五·〇%——三七·五%。砂粒含量多時，謂之砂質壤土。黏土含量多時，謂之黏質壤土。壤土的性質位於砂土與黏土之間，最適於植物生長，是土壤中最優良者。其特性如次：

(A) 土質輕鬆，耕耨容易。

(B) 保水力及滲水性均佳，無過乾過溼之虞。

(C) 空氣流通，有機物容易分解。

(D) 植物根部，容易伸長蔓延。

(E) 吸收力適中，養分無流失之患。

(5) 腐植質土 腐植質土是含有腐植質二〇%以上之土壤。有所謂泥炭

土者，亦爲腐植質土的一種；因含游離腐植酸甚多，所以不適於植物生長。其他如腐植質土中，富有砂質的，則稱爲砂質腐植質土。富於黏土的，則稱爲黏質腐植質土。其中以砂質腐植質土及石灰質腐植質土爲最佳。茲於下面列述其特性：

(A) 呈黑褐色，土溫較高。

(B) 組織膨大，質量輕鬆，耕耨容易。

(C) 吸水力強。

(D) 養分吸收力亦強。

(E) 乾燥時如粉末，能被風吹散；遇溼則膨軟。

第十一章 土壤與作物及肥料的適應

吾人經營農業，欲達到川費少而收穫量多之目的，則在栽培作物的時候

，不可不選擇適當土壤；尤不可不依適當的方法以施用肥料。所以必須辨別土壤的性質，認識植物的習尚，研究肥料的效用。這三者有密切關係，所謂適應，就是明白三者關係的所在。此外，對於雨量、溫度及病蟲害之驅除，防禦作物品種等亦不可忽視。茲特約略述之：

第一節 土壤與作物的適應

土壤的種類既多，其性質與成分各不相同。栽培作物之時，擇作物嗜好之土壤，則事半功倍。若不能得相當土壤，可以改種適於本土的作物，或以物理學及化學的方法改良。

各種植物生長時，所需的養分不同；如穀類需多量的磷肥；煙草、豆等鉀肥應多，菜類氮素不可缺少。固然能用施肥法來補充，可是在栽培之先，亦應按其需要，選擇適當的土壤。

土壤的溼度與植物的種類及品質上甚關重要。植物有好水溼的，如稻、

芋菜等，水分不足之土，不能生活。又如麥類需水不多，植於溼地必致枯死。其他如園藝作物的品質，亦和土中水溼有關。

植物的根部伸入土壤中，深淺各有不同；例如萊菔、甘薯等根菜類，根部伸入土中甚深。其他稻、麥、葉菜類根部，伸入土中較淺。故土層深淺，對於作物選擇，亦須相當注意。

上述就重要者而言，他如排水、通氣、吸收力、微生物等，無論直接或間接，對於植物生育，均有密切關係。

第二節 土壤與肥料的適應

肥料爲植物補充養分，其效力之大小，恆視性質而異。但與土壤亦有重大關係。有機質多的土壤，應少施氮肥，多施磷酸。乾燥的輕土，當多用氮肥和鉀肥，對於磷酸用量要減少。又在作物倒臥之地，不宜再施氮肥。莖稈幼弱不舉，或穗而不實，實而不豐的，宜增鉀肥和磷肥的施用量。再

如生長矮小，葉色淡黃，或成熟太早的，乃表示需氮甚急。蓋肥料施用以前，宜先注意土壤的性質，及養分的含量，慎重選擇肥料種類。更視植物生育狀況，而增減其施用量，這才算盡了栽培能事。茲將各種土壤性質與施肥關係，詳述如左：

(1) 礫土 這種土壤因為石礫過多，養分非常缺乏。但空氣容易流通，肥料不難分解，應施有機肥料，如堆肥、廐肥、綠肥等，不過養分吸收力及保水力都弱，降雨之時，肥料最容易流失，故應避用速效性肥料；如不得已時，亦須分數次施用，且每次用量要少。

(2) 砂土 這種土壤於早生栽培，其性質與礫土髣髴。肥料容易分解，土壤的吸收力及保水力亦都薄弱。故宜多施有機肥料，少用水溶性肥料。

(3) 黏土 這種土壤養分較為豐富，吸收保蓄力亦強。但土性黏結，水分過多時，空氣不容易流通。宜施多量氮肥及鉀肥，但有機肥料施用時，

要擇其充分腐熟者。磷酸之施用，應加注意，以其易化合變為不溶性。

(4) 壤土 壤土界於砂土與黏土之間，有砂土和黏土之長，無砂土和黏土之短，可稱最優良的土壤。其吸收力、保水力、滲水性都佳，可施用各種肥料；即液肥施用較多，亦不容易流失。

(5) 腐植質土 腐植質土中，原含有多量的有機物，所以應多施用磷酸肥料。如土壤為酸性反應，可先用石灰中和之。但有機肥料，切忌施用。否則不但沒有裨益，且妨害植物生長，從事農業者不可忽略。

第十二章 土壤的反應

普通土壤皆為中性或微鹼性，具有中和酸與亞爾加里之性。土壤之呈酸性者，稱為酸性土壤，呈鹼性者，稱為鹼土，皆為土壤之病，於栽培作物甚有阻碍。茲述其反應如次：

第一節 酸性反應

土壤酸性之成因，爲酸性腐植質，含水矽酸鹽，或以吸收狀態存在之氧化鐵等存在之故。酸性土中，如純爲膠狀黏土，則稱爲無機酸性土。如純爲腐植質，則稱爲有機酸性土。普通酸性土，則二者均含有之。

檢查土壤酸性程度，可取紅藍二試紙，放在玻璃器中，再入土約五公分，注水使成糊狀。時時將試紙取出，以水洗之，觀察其顏色。如藍色試紙即時變爲紅色，是爲強酸性；歷時許久始變色的，是爲弱酸性。紅藍兩紙都不變色的，是爲中性。反之，如紅色試紙即時變藍色的，是爲強鹼性；歷時許久始變色的，是爲弱鹼性。

如土壤中腐植質含量甚多，若檢查其是否爲酸性時，可將試管入細土二公分，再注入二%氨水五立方公分，加以劇烈震搖後過濾。其濾液爲暗褐色，則爲酸性腐植質；如水色澄清，就是中性腐植質。

以中性鹽溶液，浸漬於酸土後，其液即現酸性，茲以公式表之。



在這一公式中， T_{on} 及 H_{um} 代表膠狀黏土和酸性腐植質。H為可置換金屬的氫素，與酸根化合，即成爲酸。

一般酸性土壤，多缺乏石灰質，大都很薄瘠，其原因如下：

(1) 有效磷酸缺乏。

(2) 土壤選擇吸收所生之酸，或因用生理的酸性肥料，植物吸收後所生的酸性物質無法中和。

(3) 土壤吸收力強，可用性肥料，變爲不可用性。

(4) 土中有益細菌不能滋生，或竟致絕滅。故強酸性土壤，作物完全不能生育。

作物抵抗酸性土的程度，叫做耐酸性。耐酸性的強弱，視作物種類、品種，及其他情形而異，分類概示如下：

耐酸性甚弱者 大麥、菠菜、萵苣、紫雲英、大豆、小豆、菜豆。

耐酸性弱者 茄、蕃椒、裸麥、豌豆。

耐酸性稍弱者 油菜、蠶豆、蕃茄、萊菔、蓼藍。

耐酸性稍強者 小麥、粟、玉蜀黍、蕎麥。

耐酸性強者 稻、燕麥。

(1) 將適當石灰或炭酸鈣，加入酸性土中以中和之。

(2) 選擇耐酸性較強的作物栽培，禁用生理的酸性肥料。

酸性土多缺乏磷酸，應設法充分補給。又石灰用量每畝不得過一百二十斤，過多則有害。此外，還要注意排水，促有機物起氧化作用，以減少有機酸產生。

第二節 鹼性土壤

土壤之鹼性，全因於食鹽、硫酸鈉，或碳酸鉀之存在。此等鹽類皆易為水溶解，故多雨的地方無鹼土。我國蒙古、北美西部、台灣南部，這種土壤甚多。

鹼性土壤有白黑兩種：白者富含硫酸鹽及氯化物，而缺乏碳酸鈉。故一遇乾燥，表面常現白色。後者則富含碳酸鈉及他種可溶性鹽類。因腐植質溶液，故變為黑褐色。

土壤中溶液濃厚，鹼性甚強，植物往往不能生存。而黑色鹼性土壤較白色鹼性土壤，為害尤大。以其有碳酸鈉存在，不但能腐蝕植物表皮，破壞植物組織，更能使土壤的物理性質變為惡劣。

欲改良鹼性土壤，首在遏止鹽類上昇。故宜勤種植以蔭地面，或疏鬆表土，以免蒸發。至於地下排水設備，乾燥時以淡水灌溉，洗刷表層鹽類；

在低處開闢河道，以便接受鹽水。惟黑色礫土，性質膠黏，不易排水，可將表土施川石膏，使與黑鹼化合，變成硫酸鈉與碳酸鈣。

第十三章 土壤的檢定法

栽培作物之前，必須調查土壤，是否與所欲栽培的作物相適合；或按原有的土性，選擇相當的栽培作物；這叫做土壤的檢定。其法有二：一為實地鑒定法，一為實地栽培試驗法。

第一節 土壤實地鑒定法

土壤的性質及狀態，關係作物的生產力。故在實地調查時，當詳察母岩的種類和風化的程度，以及土層構造的狀態，土壤的實況等。茲將實地觀察的要項，縷述於下：

(1) 母岩的種類 土壤由岩石風化所成，欲知土壤的性質，必先知母岩

的性質，故應由地質研究上着手。

(2) 下層構造與上層厚薄 土壤上層深淺，影響植物生育。下層狀態對於上層水分供給，肥料保蓄，亦有關係。普通檢查土層，由表面至六尺內外深處為度。如上層緻密，下層宜疏鬆；上層疏鬆，下層宜緻密。

(3) 耕土 耕土須求其輕鬆而深厚；輕鬆則耕耨容易，根易發展，氣水流通良好；深厚則根易伸入下層。普通肥沃土壤，在八寸以上，最佳良者在十二寸以上。

(4) 地勢 地勢務須平坦，即使有傾斜，亦應在十五度以內。

(5) 地下水 地下水位和表土水溼，有連帶關係，如地下水位過低，表土易於乾燥，過高則植物根容易腐爛，故以適中為度。

(6) 土色 土壤肥瘠，由其色可以知道。黑色土壤常含有多量腐植質，除幾種泥炭土外，大抵均甚肥沃。紅色土由於鐵分過多，富含石灰質，吸

水力強，故亦不得謂爲瘠土。深棕色之土，往往極肥，含多量有機質，排水容易。灰色土之肥沃，自中等至優等。極淺色土，多爲瘠土。

(7) 前作植物生長狀況 從前作植物生長狀況，可以鑑定土壤的生產力。前面業已敘述，此處略而不贅。

(8) 土壤組織 粗粒或細粒土壤，除少數特殊作物外，鮮爲吾人所需要。大多數作物，喜歡粗細適中，富複粒組織的土壤；如砂質壤土、壤土、黏質壤土等。

上述不過檢其重要者，他如前期肥料種類、分量、排水、灌溉等設施，都有調查之必要。

第二節 實地栽培試驗法

由化學分析土壤，其結果不能爲肥瘠的標準。因爲植物所需要的，是可用的養料；而不溶性的養料，與植物無裨益。欲知土壤中可溶性養料多

少，須用實地栽培試驗法。其法就相當之地，設面積相同者五區，每區栽培及生長要件相同，惟肥料各異。其分配如左：

第一區 無肥料區 不施肥料。

第二區 無氮素區 施用多量磷鉀肥，不施氮肥。

第三區 無磷酸區 施用多量氮鉀肥，不施磷肥。

第四區 無鉀素區 施用多量氮磷肥，不施鉀肥。

第五區 三要素區 施用多量氮肥，鉀肥及磷肥。

各區栽培一種作物，比較其收穫量，可知土中何種要素最多，何種要素最少。即將第二三四區比較，如第二區收量最少，與第一區無甚差別，則知此土壤最缺少氮素。又如第三區之收量，與第五區無甚差別，則知此土壤中富於有效磷酸。試驗上應注意下列各點：

(1) 選平坦之地為試驗區。

- (2) 試驗時應有遮蔽日光之物。
- (3) 試驗地之整理，施肥及種子用量，須精密均勻。
- (4) 選適當作物供試驗，禾本科植物最常用。

第十四章 土壤的肥瘠

土壤上栽培之作物，發育佳良的謂之肥土；反之，則稱為瘠土。土壤所以肥瘠，由於化學的及物理的原因，相互關係而成。且其肥瘠與氣候有關，而其地方雨量、溫度、位置、高低等狀況，亦為精確斷定的標準。茲列舉其要件如次：

- (1) 關於土壤物理性者：
 - (A) 土粒粗細組織及輕重。
 - (B) 氣水含量及流通難易。

(C) 土溫的高低。

(2) 關於土壤化學性質者：

(A) 有效養分之多寡。

(B) 有害物質之存在與否。

(C) 土中溶液之濃度。

(D) 土壤之反應。

(E) 吸收力之強弱。

(3) 關於土中微生物者：

(A) 有益微生物種類、多寡，及其生活要件完備否。

(B) 有害微生物種類、多寡，及其生活要件適合否。

(4) 關於地位及土層者：

(A) 傾斜方向及傾斜度。

(B) 下層的狀態。

(C) 耕土的深淺。

(D) 地下水位的高低。

(E) 四周的環境如何。

(5) 關於氣候者：

(A) 氣候的高低及其分佈。

(B) 日照時間多寡及其分佈。

(C) 雨量多寡及其分佈。

(D) 霜雪長短及其多寡。

(E) 風向風速及其分佈。

以上各條件，有極密切的相互關係。如能適合，植物生產必豐盛。

第十五章 土壤改良

天然土壤多不能完全適合作物生育，以其長短互見之故。或過於乾燥，或過於溼潤，或表土優良而心土惡劣，或物理性質完善，而化學性質缺乏。此種弱點，如不盡力設法改善，即使養料中之要素具備，植物生育仍難優良。所以不但土中養分須注意補充，而其他事項亦須隨時研究。土壤改良法有多種，茲舉其要者述之：

第一節 客土法

客土法亦叫做接土法，即掘取他處的土壤，混合於本土之內。例如加入砂土或腐植質土於黏土，以使其輕鬆；或加入黏土於砂土，以增進其保水能力。

用客土法來改良土壤性質，要算砂土和黏土功效最著。改良砂土要混入

黏土，而以河泥或塘泥爲最。不過須曝露空氣中，俟其充分氧化，略加少量石灰，然後拌入之。這樣既能改良土壤，還能增益肥分。其次加入腐植質土或綠肥、廐肥等，亦頗見效。改良黏土可用砂土，若用江海之砂土，則應先混入堆肥、廐肥等，以增進其有機成分。施行客土法，應注意下列各項：

(1) 時期 以黏土爲客土，多在秋冬之季。因此季可暫停栽植，掘起土壤，使其充分養化，翌春再行混入。

(2) 檢視土層 在行客土法前，應先檢視下層土質，如下層土質與表層相反，直行深耕，使其上下混合即可。

(3) 注意經濟 用客土法改良土壤，施行時要對經濟加以考慮，否則恐得不償失。

第二節 燒土法

土層表面削取三四寸，混合蘗稈、落葉焚之，以改良其土壤性質，謂之燒土法。此法多行於新墾地，對於黏重土及腐植土，亦可施用。茲舉其利如下：

(1) 能使不溶性養分變為可溶性。

(2) 殺滅雜草種子及病蟲害遺孽。

(3) 重黏土之黏性可減，土質可稍輕鬆，氣水容易流通。

(4) 減少腐植質土中有機物量，及土中其他有害物質。

惟此法亦有缺點，一為耗費勞力多，一為氮素因燃燒而損失，故不應常用。燒土在晚秋或早春最宜。燃燒時不可使火燄外露。堆之大小，還要適宜。堆之內部空虛，外部緊密，使內部熱度高而平均。惟熱度過高，可溶性養分反變為不溶性，如磷酸鹽即其一例。

第三節 灌溉

土壤水分惟一的來源是雨水。但雨量和降雨期，未必適合植物的需要。故必有灌溉，以補水量之不足。灌溉不僅能供給水分，還能將溶於水中的養分，同時加入土內，以增進其養分。

灌溉水種類甚多，如江水、河水、井水、泉水、池水等。這些水以江水、河水為最好，因其水量多，養分富，溫度高之故。池水水量少，夏季易患乾涸，我國江、浙等省均用之。井水、泉水養分少，溫度低，在缺水之地，尚可利用。灌溉水量，本無一定標準，要視下列情形而定：

- (1) 植物種類 蔬菜及稻需水多，麥、棉、果樹需水少。
 - (2) 土壤狀態 砂質土多，黏質土少。
 - (3) 地勢 傾斜地多，平坦地少；高地多，低地少。
 - (4) 氣候 天氣溫暖旱時多，寒冷溼潤時少，或不灌溉。
- 灌溉方法，有下列二種：

(1) 空中灌溉法

(A) 灌溉法 此法乃以噴壺或糞杓，在地面上灌澆。惟需力多，費水大，僅常用於花園及菜園中。

(B) 噴射法 此法可適用於大面積菜園灌溉。外國所用者分三部：

(a) 貯水器高六十呎，容水三千加倫，可灌地四或六英畝。

(d) 七八匹馬力發動機及唧筒。

(c) 通水管，有總管及支管之分。距地面七八呎，每隔十呎，設一支管，其上鑽許多小孔，左右旋轉，噴射之水，可達五六尺。

(2) 地面灌溉法

(A) 淹沒法 於田之四周，先築圍埂，以防水外溢。然後將水引入，淹沒全面。此法多用於水稻、芋等好水植物。

(B) 溝引法 將水引入畦間溝內，潤澤兩側畦土。我國北方菜田灌水

時常用之。

(3) 地下灌水法 導水入地下水管內，溼潤下層土壤。此法最優良，惟不甚經濟。

第四節 排水

排水乃排除土中過剩水分，以免害植物生育。因水分過多，空氣缺乏，土溫降低；有傷細菌滋生不良情形，故必須排去之。

排水方法有明溝暗渠二種：明溝係掘土成溝，以作水路。此法工作簡單，惟耗費土地，容易破壞，不適用於大農具之耕種。暗渠乃在地下面，築通水路，地面上仍可耕種。其所用材料，視各地情形不同。普通常用者，如竹木、樹枝、石礫，埋在地中，彙進地下水，自此流出。最好材料爲水泥管，以其堅固耐用。管徑至少三寸，埋入土中深度，在耕犁以下。傾斜排列，出口高於水面，以免阻塞。

第五節 施用石灰

石灰爲作物生長所需養分之一。天然土中含量甚多，吾人施用乃在改良土壤。石灰有生石灰、熟石灰及石灰石三種。普通所用者，大都爲生石灰和熟石灰。施於土中後，與水化合成氫氧化鈣。其效用如下：

(1) 使土壤輕鬆 石灰在土中，先成氫氧化鈣，再變爲碳酸鈣，更遇碳酸水，變爲重碳酸鈣。能使黏土生間隙而鬆軟。

(2) 使砂土緻密 石灰在砂土中，能使砂粒膠黏一處，增加其吸收力及保水力。

(3) 能促成土中有機物分解 因能助細菌繁殖，以增進其分解作用。

(4) 使土中硝化作用旺盛 有機物盛行分解，產生多量氮，硝化細菌得暢行其作用。

(5) 變土中不溶性養分爲可溶性 土中之鉀及磷酸鹽類，被土壤吸收，

變爲不溶性，植物不能利用，石灰能使它變爲可溶性。

(6)改良酸性土 因石灰爲鹼性物，能中和游離酸，使變爲中性鹽。

(7)殺滅土中害蟲病菌 石灰有腐蝕性，可以殺滅害蟲病菌。

石灰效用雖大，但施用宜有節制，否則土中養分全行分解，且生成多量石灰鹽類。下層土壤固結，變爲石田，土性惡劣，不堪耕種。又石灰不宜單獨施用，可與有機肥料並用。

第六節 施肥

栽培植物因種子、藁稈均被收穫，土中養分逐年減少，每致不能生長，故必須施肥以補充。一般植物需要最多，土中含量最少的元素爲氮、磷、鉀三種。其種類及效用，詳載於肥料學，茲不贅述。

施肥不特能增加養分，還可改良土壤的物理性質，如綠肥、堆肥、廐肥等有機肥料，都有此效能。以有機肥料分解後，變成腐植質，混入土中，

可使土溫增高，土性輕鬆，促進細菌作用，以助氣水流通，對於土壤改良，大有幫助。

第七節 耕耨

土層固結，不利於植物根部發展，必須耕耨以疏鬆之。其利益有左列各條：

- (1) 使植物根部得自由蔓延。
 - (2) 助空氣流通，促進微生物作用及風化作用。
 - (3) 增高土溫，使植物生機暢達。
 - (4) 加強土壤保水力，增進土壤水分含量，且免養分流失。
 - (5) 助土壤微管引力，即在久旱，亦能吸收地下水。
 - (6) 清除雜草，冬耕可殺滅害蟲。
- 耕耨之時期，依土質而異：砂土凝集力弱，可隨時行之。黏土則凝集力

、黏着力均強，以擇其乾溼適度爲宜。普通耨季節，多在秋冬，因可促進風化作用，殺滅害蟲，且假冰霜之力，粉碎土粒。

耨深度，須視作物而不同。如根菜類、樹木等宜深。稻、麥、葉菜類可稍淺。又下層土性惡劣者宜淺，否則宜深。茲舉歐洲耨深度於左：

普通耨	一五——一八公分	淺耨	一〇——二五
最淺耨	九——一〇	深耕	一八——二〇
最深耨	二〇——五〇		

我國農具簡單，入土深度太淺，最宜深耕，其利益有四：

- (1) 土層深處能貯蓄多量水分，供亢旱時之用。
- (2) 能使植物根伸入下層，吸收土中深處之養分與水分。
- (3) 可使肥料廣佈，不致作物爲雨水流失。
- (4) 氣水可達深層，促進深層土壤風化作用。增厚其肥料。

第八節 輪栽

輪栽即在同一地上，輪流栽培作物之謂。我國農人於主要作物收穫之後，種植他種作物，藉以獲利，即爲輪栽法。有如下之利益：

(1) 土中肥料節省 同一種作物，所需養分相同——如葉菜類喜氮肥，豆科植物喜磷鉀肥。若連作於一地，其養分必減；而他種養分逐漸積蓄，終至流失。採行輪栽，則土中所遺的養分，得依次吸收，不致過多或不足。

(2) 深根淺根作物可互相調劑 如小麥等淺根作物，只吸收表土養分，而大豆深根植物，能自深層吸收養分，故用輪栽法。表土及心土中養分，均能利用，以互相調劑。

(3) 豆科植物可節省氮肥 豆科植物能增加土中氮肥，已在前面敘述，此處即略而不贅。

(4) 可防禦病蟲害 病菌蟲害常有一定寄主，次年如栽植同一種作物，則病蟲蔓延更甚。若施用輪作，則不能得相當寄主，病蟲害自然減少，或

竟至全滅。

(5) 清除雜草 雜草種類很多，習性亦各不同。如施行連作，則適應環境的雜草，日漸滋長，爲害更鉅。施行輪栽，則作物既有變更，土地狀況當然發生變化。從前蔓延的雜草，因環境變遷，無法生存。

(6) 使土壤物理性質常合於作物生長 例如牧草，禾穀常使土壤變成堅實，不利於植物之生長，若栽植深根作物時，則可使土質變鬆。

(7) 可避去生理毒害 例如豌豆分泌一種有機酸，妨害同種作物生長，若連年栽植，必致毫無收穫，施行輪栽，可免此患。

輪栽應注意下列各點：

- (1) 淺根作物，應與深根作物相間。
- (2) 輪栽作物中，至今有一種豆科作物，藉以利用空中氮素。
- (3) 能供給有機物的作物，應與常需耕種的作物相間，以促進有機物分

解。

(4) 各種作物對於養分的分量及種類，要妥爲分配。

(終)

中華圖書社出版

外埠酌加郵費

教育鉅著

再版

小學教材及教學法……朱錫璋……一冊二元五角

實用小學行政……張正藩……一冊三元

小學實際問題……張正藩……一冊三元

譯著初中日本語……徐白林……每冊一元二角

日文尺牘大全……日語研究社……一冊一元五角

現代日本新語辭典……日語研究社……一冊二元

日文
與
日語

角二元一	……凡	軒……	論通學物作
角二元一	……	新李……	學料肥
角五元一	……	一新李……	學填土
角四元一	……	海北蔣……	學種育物作
角三元一	……	蔣蔣·(編上)	藝園茶蔬

中華民國三十一年十一月初版

農業叢書之二
土壤學

定價一元五角

外埠酌加郵費

編輯者 李 新 一

發行者 中華圖書社
北京西單正誼商場

印刷者 聽鴻閣印書局
北京琉璃廠東北園五四

電話南(三)局二四二五

版權
所有

