

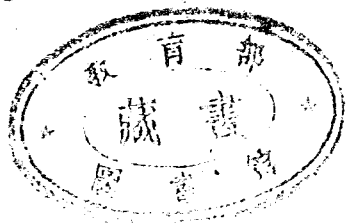
6

43

尹吉三編著

土壤學提要

孔庚題簽



序

戰時物資缺乏，而於出版界尤其表現得強烈，後方各校幾乎一般的都感覺到教材缺乏。

本校教授尹吉三先生早歲留學日本九州帝國大學，歸國後又復二次主持中等農校，對於中國農業常有特殊見解，自來本校任教後即先後編成土壤學提要，氣象學提要，作物學提要三種，內容豐富，頗適於農科專科學校採作教本或準備高等考試及農業工作人員參攷之用，經同仁等數度敦促，始允先將土壤學提要一冊付梓，其他二書則留待詳加訂正後再為刊印，用為數語以作介紹，並盼次述二書亦能早日刊出，則造福學生當不止本校已也。

民國三十五年四月王印佛於儲材農業專科學校

215-387

自序

這一本小冊子，實在不能算書，更不應該拿出來付印出爐，但因為戰時生活艱難，學生們不但是買不起外國書，就連國內出版的大學叢書之類的較為完善的參考物也大多是買不起，學校裏更天天鬧窮，當然也印不起書，每週三小時的土壤學課程，在我雖然已費盡心力，但學生們手寫並用邊聽邊記的結果，一學期依然所得無多，在這樣的情形之下，校長和學生們自然就都還想爲我這不成熟的東西印出來以增進教學的進度，這便是本書刊印的原因，特此先爲說明，深祈大雅先達勿以草率宵翁見責。

當此書付印之際多承民生公司印刷所謝光遠主任予以諸多便利，本校董事長孔要嶽先生代爲提簽，本校校長王印佛兄代爲作序，謹此附帶致謝。

三十五年四月尹吉三於重慶南岸。

v15-187

土壤學提要目錄

第一章	土壤之基本的概念	1
第一節	土壤的重要	1
第二節	土壤的意義與土壤學	2
第三節	土壤的組成	3
第四節	土壤中的植物養料	4
第五節	土壤的養分與植物	5
第二章	土壤物質之來源與分類	7
第一節	構成土壤的基本物質	7
第二節	岩石的種類和成分	8
第三節	岩石對於土壤的影響	10
第四節	風化作用的因子	12
第五節	土壤中的氮素	13
第三章	土壤之生成分類與調查	14
第一節	土壤生成的原因	14
第二節	土中生物的作用	15
第三節	土壤的分類	16
第四節	土壤調查	18
第四章	中國土壤略誌	22
第一節	酸土與鹼土的分佈	22
第二節	京九省的土壤	23
第三節	西北區的土壤	24
第四節	黃河下游區的土壤	27

	第五節	長江三角洲和華南紅土區	281
第五章		土對之機械分析及其重要理化性	30
	第一節	篩分法	30
	第二節	沉澱法	31
	第三節	土壤的結構	33
	第四節	土壤的組織對其理化性上的影響	34
第六章		土壤之物理性	35
	第一節	土壤的比重	36
	第二節	土壤的孔隙度	37
	第三節	土壤的粘着性和凝聚性	39
	第四節	土壤的顏色和氣味	40
	第五節	土壤的坡度	41
第七章		土壤之水分及其與植物之關係	43
	第一節	土壤水分之種類	43
	第二節	土壤水分的性質	45
	第三節	土壤水分之成分	46
	第四節	土壤水分對於植物之關係	47
第八章		土壤水分之保持與調節	49
	第一節	土中水分損失之原因	49
	第二節	排水	50
	第三節	灌溉	52

第九章	土壤之熱與空氣	53
第一節	土壤之溫熱對於植物的影響	53
第二節	土壤中溫熱的來源	53
第三節	土壤熱的放散	54
第四節	土中氣體之成分	55
第五節	土中氣體之性質	56
第十章	土壤中的微生物及其作用	58
第一節	原生動物	58
第二節	黴菌和絲狀菌	59
第三節	酵母菌和細菌	60
第四節	藻類和氨化菌與硝化菌	61
第五節	根瘤菌及其接種法	63
第十一章	土壤之有機物	65
第一節	土壤有機物之成因	65
第二節	土壤有機物之分佈	66
第三節	有機物對於土壤物理性的影響	67
第四節	有機物對於土壤的化學影響	68
第五節	土壤有機物測量法	69
第十二章	土壤之膠質及其吸收作用	70
第一節	土壤膠質物之特性	70
第二節	土壤膠質物的吸收力	71
第三節	土壤溶液	72
第四節	土壤的選擇吸收	73

第五節	土中離子的換置作用	74
第十三章	土壤化學成分及土壤溶液	76
第一節	土壤中的植物養料	76
第二節	氮素	77
第三節	磷酸	77
第四節	鉀	78
第五節	鈣	79
第六節	炭與硫	80
第七節	土壤溶液與植物養料	81
第十四章	土壤酸性及石灰需要量	83
第一節	酸性土的測定法	83
第二節	土壤酸性之影響	84
第三節	石灰之作用	85
第四節	土壤酸度與植物生長	86
第十五章	鹼性土及其改良	88
第一節	鹼性土之生成	88
第二節	土中鹼分與植物生長	89
第三節	鹼土之改良	90

土壤學提要

第一章 土壤之基本的概念

第一節 土壤的重要

人類衣食住行中的一切材料，完全是直接間接的取之於土壤，而皮膚毛髮等老廢物，大便小便等排泄物，以至於最後死亡時的全都遺體，也都一樣的又重新變成了土壤，然而，自古以來，天下之大，却從來沒有過任何兩個地方的土壤具有着同一的腐質和性狀。

因此，Gardner 在他的土壤與土壤的管理的著作中強調說「要想知道某一地方的文化程度，只要看他們能否利用這地產的土壤」，Bulterfield 在他的世界農業的著作中也談論「鼓勵保存地力與改良土質，是世界政治家最必要的政策」，而我們的大禹王「平水土，劃分九州，析土官以與地利」，周禮教「司徒有五土之辨，草人掌土化之法」，管仲先生更大聲疾呼的說：「地者政之本也，辨於土而民可富」。

這，一切的一切，都證明了「國以民為本，民以食為天」的農業主義，而研究農業的最大目標，就是企求增進土地的生产力，而這種工作則必需要明辨土性，適宜施肥

，然而不幸，中國的士大夫們，大多數都只考慮到了自己的升官發財，而忘記了最重要的民本和圖本之類的生活生計問題，所以荀卿先生在他的大業儒教篇中就早已感慨的說：「相高下視餘肥，序五種，君子不如農人」，而以農立國的中國的農業技術問題也就在這樣的良機無獲的情形下而日趨於沒落。

第二節 土壤的意義與土壤學

中國古代，以萬物自生者爲土，經人耕作而樹藝者爲壤，也就是說：生荒叫做土，熟地叫做壤，現在的湖南西部和貴州一帶，稱山地爲土，水地爲田，大約也就是根據了這個定義去引伸而後，近來則大都認土壤爲地壳的表層，質地鬆軟，是破碎的岩石與腐敗有機物的混合體。

地壳由岩石構成，岩石由礦物構成，而礦物則由元素構成，構成土壤的元素很多，一般比重輕者在上面，比重大的在下面，故地壳表面多矽質和鋁質，內部則多鐵質和鎂質，據目前所已知道的元素含有數約如下表，此外則還有很多的含量甚多的各種元素，而分量少的元素又往往分佈甚廣而不集中於一處。

氧46.70% 矽27.60% 鋁 8.05% 鐵 5.03%

鈣 3.63% 鈉 2.72% 鉀 2.53% 鎂 2.07%

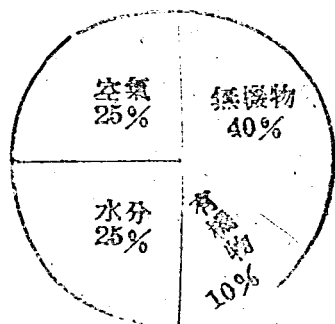
地壳的厚薄雖然各地不同，但最厚不過九萬五千英尺，平均七萬五千英尺，而土壤則只是地壳表面的最淺一層

，有容積可以支持植物的莖幹，有養分可以供給植物的吸收，而且具有着各種其他適於植物生長所必須的許多原素，但因為發育生長的經過與環境變化的不同，所以就地球全面來看，各種土壤中有成帶狀分佈的，有成局部分佈的，在不同的地方，土性和土質也完全不同。

土壤既然甚由岩石分解而成，所以在相當的條件之下，也能夠依然仍變為岩石，在這變化期中，發生出很多現象，表現出很多性質，而研究這一切變化，現象和性質的方法，就叫做土壤學。

第三節 土壤的組成

組成土壤的基本成分雖然是十分複雜，但如果要大概的分別一下，則可歸納為礦物質，有機質水分與空氣四大類，在普通可以生長植物的土壤中，無機物質佔組合全量的40%，有機物佔10%，空氣與水分則各為25%，而水分蒸發則空氣增多，水分增加則空氣減少，但若僅就重量而言，則無機物之體積常達90%以上，而空氣與水分在土壤中所佔的體積，又常隨着土壤的鬆實度而定，土壤虛鬆，則空隙可多至10—



第一圖 土壤的組成物

75%，土壤緊密則空隙可減至15%—20%。

土壤且能吸收來自太陽的熱力，以保持適當的溫暖，普通黑色土之吸熱力更遠較其他顏色之土壤為大，並含有微生物以製造養料，使一切原為不可給態的有機物及無機物經過種種作用而變成可給態養料以供植物的利用，蚯蚓、蟻、蜂等較大的虫類固然是人們都早經熟悉，而細菌的作用却遠較一切大型生物為更偉大，據實驗證明，在一公分的肥土中，有細菌千萬以上，瘠土中亦常有二三百萬以上。

去年秋天，戰爭將近結束之際，日本的廣島和長崎兩地被原子彈轟炸之後，在九州帝國大學派往考察的專家報告中，便曾述及過許多植物都因之而不能生長，這便是細菌死滅的影響。

第四節 土壤中的植物養料

植物的養料很多，有炭(C)，氧(O)，氫(H)，氮(N)，磷(P)，鉀(K)，鈣(Ca)，鎂(Mg)，硫(S)，鐵(Fe)，矽(Si)，鋁(Al)，鈉(Na)，氯(Cl)，銨(No)等多種，而以最前排列的十項為最重要，如有任何一項缺乏，則所生植物就不能完全發育，炭、氧、氫、氮，可由空氣中或水中取得，氮、磷、鉀、鈣、鎂、矽、鐵則可由土壤中取得。

氮磷鉀三要素植物需用甚多，而土壤中時感缺乏，所以必需用人為的方法予以補救，鈣能使土中原有不可給

態的養料變為可給狀態，以供植物之吸收利用。

氮在空氣中最多，約佔大氣體積的4/5，然土壤中的氮素，却大部分都是由有機物分解變成，而且必需要變成爲硝酸鹽（ NO_3 ）的狀態，植物才易於吸收。

磷在動物的骨骼和細胞核中都含有很多，而在土中則多爲磷酸三鈣（ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ）的形態，只要鈣質缺乏，馬上就可與鐵和鋁等化合，而變成磷酸鐵（ FePO_4 ）和磷酸鋁（ AlPO_4 ），磷酸三鈣原來是較易溶解的物質，但一與鐵鋁等化合，就變成了極難溶解的生成物，以致植物不能利用

鉀類多由長石和雲母分解而成，與酸類和氯化物化合，就成了中性的鹽類，而頗便於植物利用。

鈣能改良土性，且能促進植物的生長，與鹽類化合即成鹽基性。

硫的需要量極少，在土中多爲黃鐵礦分解化合而成的三氧化硫（ SO_3 ）狀態，氧化後即可變爲硫酸鹽類。

鐵與鎂雖似不甚重要，但對於葉綠素的造成頗有作用

第五節 土壤的養分與植物

土壤中雖然含有很多的養料，但未必皆爲一般植物所需要，而且隨植物生長時期的不同，所需要的各種養料與吸收情形也各自不同，在種子萌發的時候，必先吸收水分

，直到水分充足以後，才能在適當的溫度之下發生化學作用，而使其體內原有的養料，變為液體，以供胚胎之用。

因此，種子與土壤接觸的面積愈大，種子吸收水分的機會也愈易而愈多，生機也就因之而發達，普通農家在播種之前必先細碎土壤，播種之後，又必需加以壓實，都是為了要增加種子和土壤的接觸面積。

種子還常常能萌發於細沙和木屑上，而且一切情形都還比種在肥土裏的更良好，這可證明，在植物的萌芽期間，種子本身具有充分的養料，並不需要土中所含的無機養分，可是種子在木屑上雖易萌芽但不久就要枯黃而凋謝，種在土中的，萌芽雖然或許是較遲，發育却反而是非常容易，這就是土中養分遠較木屑為多的影響。

據實驗證明，馬鈴薯一英畝，吸收鉀素 (K_2O)，在塊根初出時為47磅，塊根生出後一個月為78磅，塊根生出後兩個月是112磅，成熟時 143 磅，吸收磷酸 (P_2O_5)，初生時是 8 磅，成熟時 28 磅，吸收氮素，初生時 45 磅，成熟時 111 磅，而三要素在植物體內的散佈情形，則磷氮多在種子內，鉀則多在莖葉內。

根據這些研究的結果，我們自然能依據着每一地方土壤情形，而決定去栽植適於某地土壤的某種植物為最有利。

第二章 土壤物質之來源與分類

第一節 構成土壤的基本物質

土壤，是固體、液體、氣體、三種形態的物質所構成，在固體的部分中，有無機物和有機物，在液體部分中有水和水中所含的溶解物。氣體部分則是空氣和組成土壤的各種物質所發生出來的氣體，這裏面尤其以二氧化碳為最多。

土壤的無機成分，完全是由岩石分解而來，而各種岩石中又都含有着特有的礦物質材料，所謂礦物，是具有一定成分的天然物，據現在人類所已經知道的，大約有千種以上，而最重要的又可以分成三大類。第一類是非金屬原質的氧化物和他的氫氧化物，總名之為酸類，能使藍色試紙變為紅色，石英就是這一類中的代表。第二類是金屬物質的氧化物或者是他的氫氧化物，總名為鹼基類，一般人又稱之為鹼類，能使紅色試紙變成藍色，赤鐵礦和磁鐵礦等可為代表。第三類是酸類與鹼類的化合物，互相中和，變成鹽類，石灰，石膏，和碳酸石灰等可為代表。

土壤初由岩石分化而成時，含有好多種的無機養分，一般不需要有機養分的硝化細菌或者是僅靠空氣和雨露中的一點氮素化合物就能生活的下等植物，如地衣苔蘚之類，自然就逐漸生長，自生自滅，土壤中的植物遺體，從此

就日漸增加，有機物質也因此就多了起來。

在一般新鮮的植物中，水分佔75%，乾物質佔25%，而在乾物質中，炭素有11%，氧佔10%，氫和灰分都才只有2%，植物體在適當的空氣，溫度，與溼度之下，很容易分解，而且含有氮素愈多，分解起來也愈快，適當的鹽類也能促進其分解作用，但如果發生了有機酸，就能夠阻止其分解進行。

有機物受微生物的作用之後，先分解成中間化合物，叫做腐植質，這種中間化合物再經分解，才成為可給態的養料。

動物遺體則更較植物為更易分解，但因為分量太少，所以不甚重要。

第二節 岩石的種類和成分

地殼上所有的岩石，以由地球內部噴出的岩漿冷卻而成之火成岩為最多，水成岩次之，而由此二種岩石經過環境作用所變成的變態岩和變質岩為最少。

在火成岩中以長石為最多，約佔60%，可以正長石作為代表，其成分為 KAlSi_3O_8 ，再經過了水和碳酸的作用，放出可給態的鉀素而變為陶土，因為這正長石裏含有鉀的成分，所以又名為鉀長石，普通都是帶紅的白色，但因為各種情形的影響，也常有一小部分具有着其他顏色，這些礦物，都可以作為磁器的釉彩，也可以磨碎了以作鉀肥

，斜長石中有鈉長石 ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) 鈣長石 ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) 以及由此兩種礦物混合而成的鈉鈣長石 ($\text{AlNaSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{AlCaSi}_8$)，和鈣鈉長石 ($\text{AlNaSi}_2\text{Si}_8\text{O}_8 \cdot \text{AlCaSi}_2\text{AlO}_8$) 等，性質也都和正長石相差不多。

此外在火成岩中，還有角閃石和輝石等，合起來約佔 17%，普通角閃石是以 $\text{Ca}(\text{MgFe})_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$ 為主體，而附之以 $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ 和 $(\text{MgFe})_2 \cdot (\text{AlFe})_2 \cdot \text{Si}_2\text{O}_{12}$ 輝石是以 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ 為主體，而附之以 $(\text{MgFe})(\text{AlFe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 都由於矽酸鹽類而成。

水成岩係翻譯時沿用日本的名詞而來，其實在中國講起來實在是不通，這因為中國地方大，並不像日本那樣的國土很小，而且又孤懸在海裏的關係，在中國所說的水成岩中，實在還包含有由於風力和冰川之力所成的岩石，有石灰岩，頁岩，沙岩等多種。

火成岩在風化的時候，原有的礦物經過了分解作用，大部分都變成了新化合物，假如這新化合物是以石英為主，其所生成的岩石便是沙岩。假如這新化合物是以方解石的風化生成物為主，所生成的岩石便是石灰岩。假如這新化合物是由於長石雲母等的生成物混合石英而成的新物體，就叫做頁岩。

方解石的化學成分是 CaCO_3 ，其來源是石灰岩 (CaCO_3)，這種化學物質，如果是純鹽，而且又結成有定的晶體，就是方解石，如果要雜以矽酸和三氧化物，就是石

灰岩，在土壤裏面的化學變化，完全一樣。雲母可分為三類，白色者含有鉀素 $[H_2(KNa)Al_3(Si_3O_4)_3]$ 。黑色者含有鐵質和鎂質， $[(HK)_2(MgFe)_2]$ 。此外還有不很常見的黃雲母，人們常把牠誤認為金沙。

第三節 岩石對於土壤的影響

在地壳岩石所含的礦物成分中，長石最多，石英第二，然而，石英最不容易風化，所以在細沙以上的土粒中，大半都是由石英崩解而成，石英的成分是 SiO_2 ，有純白，粉紅，和紫，蒼等好多顏色，雖然是不易風化，但在鹼性的溶液中，却能夠溶解而成膠狀二氧化矽。

礫石和粗沙，多半都被水沖刷而成爲了圓形，其成分幾乎完全是石英，細沙則因爲顆粒間具有着一層極薄的水膜，所以能保護沙粒不起磨蝕作用，在放大鏡下，還依然能保持着各種不同的形態，粉沙是有時含有着矽酸鹽，鋁，鹼性土，氧化鐵等，有時又含有砂礫，浮石，或者是黃土，這些都完全是物理上的形態不同。

粘土爲結晶體，凡是富於濕性的，多半是扁平狀的顆粒所成，能起化學作用。

在火山噴出氣中，常含有亞硫酸氣，硫化氫氣，和水蒸氣，一與岩石接觸，即可使岩石的質地變爲脆弱，逐漸形成爲黃色或者是灰白色的粘質土壤，所以在靠近火山地方的土壤，都含有很多的石膏，明礬，硫酸鐵和硫黃之類

的成分。

一般由沙岩所成的土壤，各種養分皆可缺乏，對農業上很少生產的價值，要想利用，便只有大規模的施用容土法，或者是運用科學研究的成果，配合施肥逐漸改良。

花崗岩所成的土壤，物理性甚為良好，且多含有鈣，鉀，鎂，磷等成分，為深紅色粘土，又含有石英甚多，在適當的墾墾下，土質可列入中等的地位，如係水田，則最宜於種植，我國有名的山岳，如太山，嵩山，華山，以及河北之霧山，甘肅之賀蘭山，祁連山，湖南之衡山，江西之廬山，安徽之黃山，皆屬於此一系統。

石灰岩所成的土壤，各種養分皆可豐富，且多具韌性，富於砂質，其所含鎂，鐵，鈉，鉀等鹽基物，於風化時常有流失，應該是中等以上的土質。

假如有各種岩石混合分化而成的土壤，則不但養分豐富，而且還配合均勻。

由長石變成的土壤，多為沙質粘土，角閃石和輝石變成的土壤，多為富於鈣質和鎂質的粘土，都很肥美，由輝綠岩所成的土壤，粘重肥沃，而含磷酸和石灰較多，由閃長石變成者則過甚粘重，河南武安縣的江山，清心山，山東青州的金嶺頂，與濟南章邱之間的唐冶，高莊，安家村等處，以及湖北大冶，安徽銅陵，江蘇徐州的利國驛，都屬於閃長石系統，雲南東部和北平的西山，宣化的鷄鳴山，與山東的嶗川等地，便屬於輝綠岩的系統。

蛇紋石為 $H_4Mg_3Si_2O_9$ 所成，有綠色線紋，滑石由

$H_2Mg_3(Si_2O_8)_{14}$ 所成，淡白色，為矽酸鎂的二次化合物，性質頗像肥皂，所成土壤都無耕種價值。

第四節 風化作用的因子

溫度，雨量和蒸發以及天然的植物社會等，都是促使岩石分解的重要因子，因為風化而損失的土壤成分，完全是植物的糞料，在日熱夜寒的沙漠中，氣候變化非常激烈，使岩石發生很大的膨脹和收縮，造成岩石外部的破碎或者是表面漲裂，而寒帶地方反因為天氣過冷，一入冬季就早已結冰不解，岩石也因之而不易破裂，因為這樣的關係，所以在北方的石山較多，在南方的土山較多。

在傾斜急陡的地方，水流速度過大，最容易腐蝕和沖刷地面，而使肥田變瘠，石礫崩解，水如果聚積在岩石的縫隙中，遇冷結冰，影響很大，如果在雨量稀少的地方，土壤的表面，很容易被風腐蝕，但也能因此而造成新生的土壤，黃土地帶便多半是由於風力造成，而我國北部沃野萬里的大西北，全由於蒙古戈壁吹積而成，但同時也可以為了風的作用，而造成沙丘，毀滅農村，把大好的農村社會埋沒於黃沙無垠之中。

在氣候寒熱無定，而又雨水缺乏的地方，岩石的分解多為崩裂，所生作用多為物理現象，所成土壤中多含有未經風化的礦物，但如氣候炎熱，而且又雨量充足，則岩石的分化就多半是分解，所起的作用多為化學變化，生成的

土壤，多為礦物風化後所生成的新化合物，因為了這樣的原因，所以在北方的土壤中，常含沙質或者是比較的瘠薄，而南方土壤中又大半是粗沙很少，而且是較為肥沃，同時，也因為了這樣的原因，南方的同一地方上，常常有山下是很好的良田，而山上却只能生長些樹木之類的高山植物。

第五節 土壤中的氮素

氮是土壤中的後天成分，牠的含有量常常和土壤中的有機物量成正比，普通是約佔有機物全量的 $1/20$ ，大概土壤含磷，鉀，鈣充足者，植物生長必定良好，有機質也自然就因之而多，凡物理性良好的土壤，施用有機氮素肥料後，若水分和溫度都很正常，則兩三天內即可有氮發生，而氮既發生之後，馬上又氧化為硝，或者就立被土壤吸收。

生長於酸性反應之泥炭或森林土壤中的植物，以及水生植物中如稻等，皆含有炭水化合物很多，可吸收氮以作氮素養料，棉，麥，苜蓿，豌豆等旱田作物，含炭水化合物很少，則吸收硝酸以代氮素，1888年 Wilforth H，且更證明硝為植物之正常的氮素食料，而且大部分在生長初期就被吸收而儲藏於形成組織中，以備將來需用，所以施用水溶性氮素於幼苗，是促成產量的最有效辦法。

氮是原形質中的主要成分，正在生長中的植物，葉內含有很多，成熟時則轉移於種子內，缺氮的植物，枝葉短小，而且呈現黃色或棕紅色。

第三章 土壤之生成分類與調查

第一節 土壤生成的原因

土壤生成的主要方式，是由於氣候，水力和風力所促成的岩石分解作用，然後再經風化而成，其進行的步驟，是先由岩石崩解而成石礫，再由石礫崩解而成粗沙與細沙，終而至於粉沙與粘土，除石英等少數岩石外，各種岩石大都是好幾種礦物質結合而成。

普通岩石於感受了氣候的變化之後，熱脹冷縮，而各種礦物彼此之間的膨脹係數又復各自不同，互相擠迫，自然就發生了崩裂現象，在我國的高原地方如青海，西藏，雲南，貴州，廣西等處都常很容易發見。

河流的上流，主營破壞作用，能將岩石沖蝕破碎，中流主營搬運作用，而下流則主營建設作用，能將泥沙沉澱於河底，使河道淤塞而造成氾濫平原，而成△形之三角洲。據 Geikie 的估計，水的流速如果是每秒鐘三英寸，就可以搬運粘土，假使能增加至每秒鐘24英寸，就可以搬運大如鷄卵的礫石，普通流速增加一倍，搬運力就可以增加至64倍，在乾燥地方，氣候和風力以及動植物的各種機械作用，都顯強盛，所成的土壤中，土粒都較為粗大，顏色和光澤也都與原來者無異，表土與心土也多相同。

在溼潤地方，化學的作用較強，土粒較細，顏色也各

質不同，原來的色澤更因為水份的沖洗而消失，表土多半是紅色，心土多半是黃色，一般以言之，灰土和紅土都是潮濕氣候下的產物，灰土多發育於溫帶及寒帶，是由於腐植質的分解作用，紅土多生於熱帶及亞熱帶，是由於碳酸分解作用，紅土化作用之要點，第一須有強烈的溫度以促使有機質的快迅腐爛，減少或阻止腐植質的生成，第二是雨期與乾期最好能交互變換，這因為短促的乾燥時間，愈多，則紅土化的進行愈快，表土中不固定性的矽酸愈易流失，易於膠結的氧化鐵鋁愈多。

在雨量較小的溫帶氣候下，表土的矽酸和氧化鐵鋁被洗出者較少，常能產生一種棕色的土壤。

凡平原溼土之上，紅土丘陵之下，排水不良的微凹緩坡多發育而成黃色土，這因為成土物質處於比較溼潤的狀態下，空氣不易暢通，發生還原作用，使一部分三價鐵（ Fe_2O_3 ）變為二價鐵（ FeO ）的關係，表現在外面的就是呈現為淡黃色或灰黑色，乾地土壤含有矽素較少者，仍富於鐵質和鋁質，所以也都是紅色或黃色，溼地中的磷酸石灰，氧化鐵和鎂等都很易流失，而有機物不能立即氧化，腐植質反而較多。

第二節 土中生物的作用

一般菌類都有造成有機物的機能，既可分泌酸性物以分解岩石，又能於本身死亡之後，直接的增加土壤肥分，

一般微菌多為白色，形狀略如棉絲而起發酵作用，並可以增加土中的腐植質含量。

植物的根，能伸入岩石縫隙裏，用極大的壓力以漸向四周擴張，也可使岩石破裂，而且同時還能夠分泌酸液，溶解礦物而予以吸收，Sachs 曾經把平滑的大理石埋於栽有花木的盆底，不久就發現了植物根在石面上的侵蝕痕跡，Dietrich 栽植各種植物於玄武岩和沙岩的粉末中，測驗出各種植物在生長期間，所溶解吸收的礦物質的種類與分量，並且證明了禾本科植物較豆科植物和蕁麥的溶解力弱，玄武岩較沙岩為易於溶解。

在地下生長的動物，對土壤也有很大的影響，既能使岩石破裂，又能使養氣，碳酸和水分等滲入土中，蠶鼠和蚯蚓等小動物，對於農業有損或有益固不一定，但因為牠們的洞穴而影響於土壤的生成，則實在是很大，據 Darwin 觀測，在耕地一公畝中，有蚯蚓六萬四千條，每年能排泄四萬一千五百斤的糞便，當泥土通過蚯蚓的體中時，各種原質自然又另經了一番的分解，此外，Kortyluchaff 也證明蚯蚓能使土壤鬆軟，透通空氣，和水分，促進礦物質的溶解，其他高等動物所棄置的屍體，糞便等腐爛後也都能生成碳酸，硝酸，尿酸等而促使岩石或土壤發生溶化作用，熱帶蟻羣，北方之田鼠，以及野豬野羊等對於岩石之腐爛也都有很大的助力。

第三節 土壤的分類

由岩石崩解和有機物分解而積聚於原地的土壤，叫做原積土，由岩石崩解後或已生成的原積土，受外力的作用而搬移至他處，日久聚積而成的土壤，叫做運積土。

在原積土中，由原地岩石風化而成的土壤，叫做原生土，性質和成分都與原來的岩石無大差異，在鐵質很多時則表現為紅色或黃色，在有機質很多的時候，就因為了有機物顏色的影響，而變成了灰色，褐色，或者是黑色。由各種動植物的遺體，在原地腐爛而成的土壤，叫做堆積土，含有機物極多，最為肥沃，普通都是黑色，容易吸收太陽光線中的熱力，可是排水通氣都不良好，所以植物也多半都生長不佳，而且還很容易腐爛，必須要施用磷素和鉀素肥料以中和其性質。

由於土壤之成因的不同，所含之石英與矽分的流失量也都有很顯著的不同，所以海洋土含石英最多，矽分最少，風積土與冰山水土次之，原生土又次之，而乾燥區土壤或中類的土壤，則石英最少，而矽分最多。

在運積土中，由山中岩石所成的土壤因受地心吸力的作用而由高處傾下者，叫做顏積土，未經十分風化，結構疏鬆，矽分很少，在農墾上無大價值，在高處生成的原生土或者是堆積土，因為水力的沖蝕遷移而成的新土壤，叫做沖積土，都很肥沃，三角洲多半是由於這種細土所成，屬於粘土或粘質壤土，一般都排水不良，沖積丘則多半是沙土，海濱土多半是礫土，黃河每年運進海裏的泥沙，大約有一萬七千五百廿兆立方英尺，如果堆積在一百萬平方

英尺的積上，則可以造成爲一萬七千五百英尺的高山，在長江入口的地方，只經過了一千三百年的時間，就堆成了今日的崇明島（江蘇啓東縣），平津，平瀟，平漢，京滬等鐵路所經過的大平原，也都是由於河流的沖積而成。

由冰川的作用，把岩石粉碎而成的土壤，叫冰成土，在中國很少，以壤土及粘質壤土爲最多，心土多半較細，排水不良，普通是灰色，黃色，或褐色，但新近生成者則爲紅色，在乾燥地帶由於風的吹積而生成土壤，叫做風成土，除沙丘以外都肥沃，我國西北各省的黃壤萬里，都應該屬於這一類，但據 Sir Aurel stein 說我國西北部的沙漠地帶，已經是漸向東南移動，陝西榆林府原來應該是叢生榆樹的都市，但現在早已變成了黃沙萬里，只能生長些少數的楊柳之類，另據許多老年人說，在南京鎮江一帶，四十年前還很少灰沙飛揚的大風，但近來則常有從西北戈壁吹來的塵沙，這也可作爲沙漠內移的一點佐證。

第四節 土壤調查

某種地勢，宜於何種農業，適宜於何種特殊的產物，需用什麼肥料，以及某年收穫豐歉的原因，應該如何去適應和補救，在不同的土壤性質和不同的土壤種類中，可否用相同的方法以從事於管理和改良，這一切的一切，都必須要運用調查的方法，才能知道，而且我國現有的棉，麥

，烟草，馬鈴薯以及一般冠以「洋」字為名的植物，都幾乎完全是來自外國，至於我國原產的稻，豆，桃，柿，桐油等也都早已就移植於東西各國，可是要想這種互換種苗的工作能真正的收到效果，也必定要先俾土壤調查。

美國於1890年開始土壤調查的工作，到1928年就完成了八萬萬英畝的面積，所有重要的農業區域都有報告，我們中國則因為科學落後，內亂不已，直到民國十九年才開始有部份的土壤調查，（古代大禹王的時候就調查的非常詳細，但因為時過境遷，早不適用，其後雖然也還間或的有人注意，然皆無甚大成績），此後各方面剛才略予注意，接着就發生了史無前例的空前大戰，所以到現在還找不出完全而又真實的材料。

各種土壤的成因不同，而且牠們的風化程度也不同，因而，在性質上也就當然不同。我們在野外觀察的時候，只要把採得的土壤標本撐於兩指之間，由指端的感覺上，就可以粗放的辨別出土壤的種類，普通沙土的土質，多半是鬆散的粒狀，乾時用手做成泥團，鬆手後立即散開，溼時雖然能做成模型，但一與外物接觸，馬上又即破碎，而且單獨的土粒子用眼睛也能看見，粘土的組織最細，乾時成極硬的塊狀，溼時捏在指中可成柔軟的長條，壤土是沙土與粘土均勻混合而成，觸手便可有融和含沙的感覺，但頗柔軟，而且又稍具韌性，乾時團成模形，勉強的還可移動，溼時則能夠捏成標本。

在沙土，壤土，與粘土之間，又可以根據其所含成份

的多少，而分別為粘質沙土，壤質沙土，沙質壤土，粘質壤土，以及沙質粘土和壤質粘土等好多種類。

直接用觀察的方法，也可以辨出土壤的種類和性質，一般未經人工墾殖的生荒土壤，只要根據其原產植物的種類，和原產植物的生長狀況，就可以辨明土壤的性質與價值，生蘋草，槐樹，黑胡麻，橡樹和梅樹的地方，土性皆甚良好，生栗樹，松樹和檜樹的地方，則比較的為劣，生長草類的地方多半比只生樹木和蘆葦的地方好，苜蓿，小麥，和豆科植物皆宜肥土，蕎麥，燕麥，燕麥，馬鈴薯，紅蘿卜等皆宜瘠土，近於黑色的土壤都很肥沃，紅色和褐色者次之，灰色或黃色者較瘠，而粘重土則又多較輕鬆土為肥，這因為黑土多含腐植質，白土的成分中則多為石英，長石和白雲母等，至於紅色土，則由於氧化鐵的作用，但在乾燥和日光的直射下，都能使土壤的顏色變淡，而水分與溫熱又都能使土壤的顏色變深，所以調查土壤的時候，最好要選擇春秋晴天為宜。

調查土壤的方法，第一步是找出土壤上最顯著的幾種性質，設為單位，分類排列，然後再準備記錄冊，鉛筆，繪圖器，標本採集器等應用物品。第二步便着手考察目的地的位置，形勢，乾溼，氣候，交通和農業狀況等，並且於考察清楚之後，再依據所已知道的一切，而繪圖表明該地方的面積，界限，形勢，樹木，房屋，道路，溝渠，河流等實際情形。第三步開始用採土器以分別採集標本，隨時裝入瓶內，貼以標籤，並註明名稱，地點和採集人的姓

名，同時分別記入冊內，和註於圖上。第四步是選擇適當區域，挖掘深坑，以觀察土壤的剖面，這時候必須要注意到日光的照射，最好是在正午十二時工作，因為只有在這個時候，剖面才既亮而且又沒有光線不均的缺點，觀察時須注意：

1. 土壤結構的疏鬆和緊密。
2. 土中生物的種類和狀況。
3. 每一土層的深度和全部土壤的深度。
4. 土壤的顏色以及其是否各層相同。
5. 結合體狀況和其他特性。

一切的調查工作都完成了之後，還要把所採得的標本一一予以分析和試驗，然後再作成報告。

第四章 中國土壤略說

第一節 酸土鹼土的分布

中國有一千一百萬方公里的土地，其面積之大，差不多要和全歐洲相等，大於法國的二十倍，大於英國的四十倍，遠在幾千年前的大禹王時代，雖然就已經做過了土壤調查的工作，但時過境遷，到現在，一切都早已就變了樣，一直到民國十九年，金陵大學才請美國的土壤學專家，C. F. Shaw 開始來研究華中區域的土壤狀況，經過一個鐘時間的初步工作，又移交給國立北平地質調查所，成立土壤研究室，再經過 Pendleton 和 Thorp 等幾位先生的共同努力，才又略為弄出了一點兒結果。而且，就在這個時候，廣東省也舉辦了該省的土壤調查，浙江和廣西也分別的着手研究。然而，不幸，七七的炮聲，竟摧毀了這一工作的幼芽，到現在還沒有完全而又實在的可靠材料。

一般的說來，我國土壤以缺乏氮素為最普遍，淮河以北多半是聚鈣土壤，淮河以南，多半是聚鐵土壤，而在聚鐵土壤中，又都有發生酸性反應的可能，所以酸土問題，在中國農業上實在是不可輕視。同時，鹽鹼土在長江以北和沿海各省也佔有極大的面積，而尤以蒙古、綏遠、山西、河北、河南、山東等地更分布的最廣，蒙古和綏遠的鹼土、山西和河北的鹼，山東和河南的硝，都可以說是鹼土區。

域中的特產，南方數省及淮河流域缺乏磷肥，廣西則缺乏鉀肥。

如果我們要再從黑龍江附近的愛輝作一東北西南的斜線，以連接至雲南的騰衝，則全國地面又可分為兩部，西北半壁全為高原山地，很少低於拔海一千公尺，氣候寒冷，雨量缺乏，一半為荒蕪的沙漠，一半為牧畜的草地，而宜於農耕者很少很少。東南半壁多為平原和邱陵，除雲貴高原外，都在海拔一千公尺以內，雖然佔全國總面積的三分之一，而人口則佔有全國總數的百分之九十六。

第二節 東九省的土壤

東北九省，為中國最重要的純夏季作物區，冬季特別嚴寒，夏季特別炎熱，降雨時期更幾乎是全在夏季，年雨量為二十四英寸，而百分之八十都降落在 4--9 月之間，還不多平均部較山東和河北為高，在這個區域裏，河流很多，所以大部分都是沖積土。大興安嶺和小興安嶺又都被覆着深厚的森林，腐植質很多，全部土性都偏於粘重方面，排水通氣都不良好，而石灰質的含量則較多，農作物以大豆，高粱，小米，小麥為大宗，而大豆和高粱的栽培面積竟佔有全國總面積的30%以上，小米的栽培面積也在全國總面積的25%左右。

黑龍江流域的土壤，大多數都與蘇聯的齊生奴土相似，但松花江與嫩江兩岸，則常常因為有鹼性的反應而限製

了植物的生長，所有嫩江，松花江和黑龍江的流域，完全是沖積土。此外除少數平原外，其他山坡之地又全為風積土和老積土，呼海路沿線，則又因地勢低窪，而常含鹼質。黑龍江一帶的土壤肥沃度極高，黑土層往往有好幾丈深，據說在目前的情形下，雖然不施肥料而耕作三十年，對於地力也不至發生什麼影響。

由黑龍江南行，一直到瀋陽附近，沿南滿鐵路的兩旁，完全是黑土，但其顏色則逐漸的變淺，而開原縣的土壤，則成年土全是黑色，幼年土都是褐色。在遼甯一帶的柳河，和大凌河，小凌河流域，因為有河水氾濫的影響，又造成了錦縣打虎山的大鹼灘。

由瀋陽向南，沿北甯路的新民縣城，和柳河溝一帶，都是沙性的幼年土，在自生植物中，只有柳樹，新民以南，一直到錦縣之北，很多的低窪鹼地，只生些矮小的蘆芽之類，溝幫子和營口一帶，也都是此種土壤。至於吉林一帶的土壤，唐啓宇先生認為是褐色的沖積土或定積土，據劉和先生在瀋海路沿線的觀察，凡已墾之地，却都受了開墾時和耕作的影響，而成功了褐色或者是棕色。

第三節 西北區的土壤

在中國的西北部，有戈壁沙漠，溼度很低，冬季很冷，夏季很熱，生產物雖然很少，但根部則多很發達，葉部因為避免蒸發的關係，都變成了絨毛形，外蒙和新疆的中

部，都有褐色土壤，雨量很少超過八英寸者，腐植質極少，在新疆的天山南北麓，崑崙山北麓，甘肅的祁連山北麓，甯夏的賀蘭山東麓，綏遠的大青山南麓，都靠高山雪水的灌溉，成爲膏腴之地，宜稻宜麥，成功了乾燥區中所僅有的水草田。

新疆耕地僅佔全省面積的千分之六，這一點兒少數耕地而積的生產，又全靠雪山溶化的水分來灌溉，在夏季洪水暴發時，良田常被沖毀，冬春乾燥後，則土壤變爲灰塵，一遇刮風，黃沙飛揚，良田又能變爲沙漠，即在最富庶之南疆，如阿克蘇，哈克什，莎車及和闐四行政區，各縣之間還都有戈壁沙漠相隔，交通異常不便，自然把新疆分成了好幾十個沃州，所以古代說這裏有大小五十餘國。

在熱察綏晉秦瀋等省中，凡接近山脈的地方，皆有因風力而造成的極厚的黃色細粒土壤，這當中雖然也包有着汾河流域和渭河流域的沖積土，但只佔着極小極小的面積，黃土中的成分，以沙土爲最多，粘土次之，細沙佔第三位，粗沙和礫石最少，而且多半是由於河水帶來，在黃土的構造方面，差不多都是柱形的結構，由牠的縱剖面裏挖去，雖然是不用支柱，也可以沒有倒塌的危險，更因爲位於乾旱的區域中，而且有機物的成分很少，所以必須增加有機物以提高蓄水的能力，並且要設法灌溉，這些黃土中都是現性的反應，而於察哈爾和綏遠熱河等處則尤其厲害，其最重要的特徵是含有大量的石灰質，在黃河兩岸由甘肅以至山西，其化學的成分，幾乎是完全一樣。

在綏遠境內，因為大青山幾乎全是火成岩所構成，而黃河與大黑河流域又是盆地，土壤表面雖然都是白鹼質，然含有碳酸鈉很多，繼續灌溉數年，就變成了黑鹼土。

西北黑土區，是位於平綏路的沿線，東自平地泉起，西至包頭附近為止，北以大青山為界，南接黃河新沖積土，天然植物只有長年草，而尤以羊鬍子草和蘆芽為最多，在這裏除人工造成仿耕林以外，只在大城市中栽有少數的榆樹，所以可將其列入於草原黑土的範疇中，綏遠有名的大縣，如畢克齊，察素齊，薩拉齊，都在這黑土區域之中，大部分都能夠人工灌溉。

就綏遠全省來說，是一個以歸化城為中心的盆地，許多河流貫貫於這一盆地的中心，黑土區就在這盆地北端的較高處，黑土以南，是由近百年中黃河氾濫而成的幼年沖積土，下層還依然保存着黑色，在綏遠盆地的土壤中，又可分為三種，第一種是由黃河沖積而成的黃色泥沙土壤。第二種是由大黑河所帶來的有機物沉澱而成的黑色或灰黑色的沙性土。第三種為綏遠城和包頭附近的褐色粗沙土壤，在這三種土壤中，處處都有鹼性。

在綏遠盆地中，除去一部分鹼質過多者以外，地質都很良好，褐色粗沙土肥沃度較低，但面積很小，所成問題的是全部雨量都缺乏，必須灌溉才能生產，在大青山以北，到接近內蒙的地方，有褐色的粗沙土壤，大半由花崗岩崩解而成。

第四節 黃河下游區的土地

黃河下游區包括有河北，河南，山東，和江蘇與安徽的北部，境內除山東半島外，全部皆為沖積平原，氣候乾燥，年雨量在四百至七百五十公厘之間，夏季作物以小米，大豆，高粱為主，冬季作物以小麥為主，宜於植棉，而且是中國最主要的產棉區。

河北省的沿海各地，都是鹽田，而北甯路沿線，自豐台以至秦皇島，更幾乎全是鹽鹼地，其濃度較低者，還可以種植棉麻和小麥，鹼性較高者則只生野草，甚至於還常有不毛之地，在北平附近，土壤的厚度有由數尺以至數千尺者，而愈靠近河邊的土壤間，差異的程度愈大，表土為黃色或淺黃色，屬於石灰質細土或粘質細土，疎鬆而粘韌，底土則大部全為黃色，含炭酸鈣很多，在山東與河北東部的多山地帶，為褐土區，年雨量在 20—25 英寸，大雨期在七八月間，冬季常常數月不雨，山坡易遭激烈沖蝕，而且又常因風中夾帶的泥沙而成為新壤，低地則都是由高處洗刷下來的土壤而成，所以都夾雜不絕，沒有石灰狀的凝結物，表土由褐色以至淡褐色，底土則為褐色以至黃褐色。

在河北東部，河南北部，和山東東部為一北方沖積平原，西界平漢路以西，銜接黃土地帶，北界褐土區域，東至於海，地勢平坦，而向東略現傾斜狀態，黃河，桑乾河，滹沱河都橫貫其中，成為極細的沙性和泥沙壤土，排水

不良，所以在唐山大沽間和北平天津間，都有鹼地，在河南的大部分與安徽北部，山東東南及江蘇西北，爲沙礫土壤區，北界黃河，西界平漢路西的山麓，東界運河，南界長江以北的山脈，地勢平坦，而間有湖沼，排水不良，鹼質很多，乾旱時潮地表面現出白色鹽類，但不至於傷害植物，而且雨季多在植物的生長期中，所以鹼性也很容易遭受沖洗而流失，在這一區域中，土壤裏的深灰色粘土層，似乎是已經埋沒了的湖底土壤，上層則完全是黃河沖積所成，同時也含有淮河的沖積物質與風積物質。

黃河三角洲，位於礫土區以南，沙礫土區以東，地勢平坦，河流縱橫，在江蘇東部舊黃河入海的地方，附近一帶大約有一萬五千方公里的鹽鹼區，在 1852 年以前，黃河是由此處入海。

第五節 長江三角洲和華南紅土區

長江三角洲，位於南京以下，一直到長江入海的地方，全爲氾濫平原，而略向東南傾斜，北界黃河和淮河的沖積土，南界甯波與杭州的平行線，優於排水，而土質疏鬆，但極肥沃，表土常爲黑色，底土則由沙質與粘質相間而成，山地多爲花崗岩和石灰岩的原生土，年雨量在一千公厘左右，溫度平均爲 17.5 度，很少在零度以下的時間，而且至少也有五個月在二十度以上，作物以水稻爲最重要，其次爲小麥，蠶桑專業更爲全國之冠，茶樹亦有栽培。

如果自杭州以至漢口間劃一平行線，則此線以南，一直到我國最南之國界，都為華南紅土區，具有半熱帶性的氣候，雨量很大，年平均約為六十英寸，夏季很熱，冬季很少霜雪，而且冷期很短，地勢不平，到處都是陡壁和斜坡，洗刷侵蝕很甚，土壤呈現特殊的紅色，和凝結的膠粒性，塊狀組織，破裂後成無定的方形碎塊，未經激烈洗刷的地方，則土層深厚，由石灰岩分化而成者，土體一致，常為深紅顏色，由花崗岩風化而成者，底土中常有紅黃及灰色斑點，而且有很多的石塊慘雜其間，土性大都肥沃，天然森林極易生長，而尤以松竹杉等為最多，谷底土的顏色自褐灰以至深灰，土質都很細緻，作物以稻為主，一年可收兩次，山地則多種茶樹。

珠江三角洲，面積約兩萬四千方里，為中國最小的沖積土區，表土多為壤質，底土多為堅韌之粘質，土性肥沃，由灰色而至黑色，排水不良，位於亞熱帶中，三冬無雪，四季皆花，蠶桑可達六七收，年雨量達二千公厘以上，平均溫度為22度，在20度以上者有七個月，最冷亦不低於十度。

雲南，貴州，四川等地可另成一高原地帶，高地年雨量平均一千五百公厘左右，低地則較少，作物以水稻為主，油桐和茶樹亦甚多，在四川東部有紅土盆地，由紅色及灰色沙岩風化而成，底土為煤和石灰的沉澱層，夏季溫度亦不超過百度，成都平原則為岷江沖積土，山中全部都是紅沙岩。

第五章 土壤之機械分析及其重 要理化

第一節 篩分法

土壤之機械分析，為研究土壤特性的必要工作，關於植物食料的供給，保存及損失，植物根部之發展和細菌生活的狀況等以至於土壤自身的比重，構造，孔性，塑性等都有關係，但土壤的種類雖然是依照土壤顆粒的大小以作分辨的標準，然土壤顆粒之分佈的情形，對於其理化性上却並沒有決對的關係，如粉沙和粘土，在顆粒上可能的完全相同，而其理化性上則全不相同。

土壤之機械分析，為測量土壤顆粒尺寸的實驗，顆粒直徑在 0.074 公厘（相當於 200 篩）以上的土粒，可以用篩分析，以求其大小，在 0.074 公厘以下的土粒，則只能用沉澱法以求其大小。

篩分法是把採得的樣品，用陶製的杵臼研磨，而使其顆粒分開，然後再晾於室內三四星期，等到土中含水不再蒸發的時候，將其稱過，用 20 號篩篩之，其不能通過者可再磨再篩，兩次不能通過的土粒，即可用水洗去其附着的細料，用火烘乾，稱定重量，這就是土壤的粗料，還幾要再用 10 號篩， 6 號篩， 4 號篩， 2 號篩等各別分過

，並記載其各類的重量。

兩次通過的細料，可再用 40 篩篩之，也做兩次，仍能通過者，應使其混合均勻，稱出 115 公分或 65 公分以作沉澱分析的材料，不能通過者就可以記載其重量而棄去。

篩分法是土壤機械分析中最先使用的方法，只能用之以分析較大的土粒，在科學上說實在是不很精密，但因為較大的土粒，雖然是體積相同，在重量上則常常未必相同，用沉澱法分析，很難得到正確可靠的結果，所以一直到現在為止，無論用什麼方法以進行土壤的機械分析時，第一步還都是運用篩分法以作輔助。

第二節 沉澱法

沉澱法是根據 Stoker 定律「小圓球體，在液體中的沉澱速度照圓球直徑之平方成正比例」而來，又可以分成好多種，而最易進行，不須要什麼設備的莫過於連續沉澱法，用這個方法時先稱出土壤樣品 50 公分，放入杯中，加水少許，用包橡皮之杵研磨之，然後再加滿蒸溜水而予以攪動，再使沉澱約 5 分鐘，把上部的溶液傾入桶內，再用如前的方法連續數次，一直到土壤全部分散為止。

用沉澱法時，每 35 公分的土壤，約可加水一公斤，量筒的高度須在 10 公分以上，第一步先記載溶液開始沉澱之時間到一定的時間 (T) 然後再用虹吸管吸出未沉澱

的溶液，第三步再測量沉澱的距離（L），即可以依照下列的公式而求出其顆粒的大小。

$$d = \sqrt{\frac{30 n L}{980(G - G_1)T}}$$

式中： d = 土壤顆粒之直徑

n = 液體之粘度係數

T = 沉澱時間

G = 顆粒比重

G₁ = 水的比重

L = 在一定時間內土壤顆粒的沉澱距離

如果我們要測定 0.005 公厘以下的粘土成分，則可以假定 G=2.67, n=0.0102, L=10 公分，而代入公式即得：

$$0.005 = \sqrt{\frac{30 \times 0.0102 \times 10}{980(2.67 - 1.00)T}}$$

$$T = 75$$

這就是說明 75 分鐘之後，大於 0.005 公厘的土粒均已沉澱，吸出溶液，烘乾其沉澱物就可以稱出粘土的成分。

這一種假定，係在水為 67°F 的時候，n 才等於 0.0102，因為 n 之值是隨着水的溫度而變更的，而且這一種公式，只能應用於土壤顆粒的直徑在 0.2 至 0.0002 公厘的情形下，土壤顆粒如果大過了這個顆粒，直徑的範圍以外，則其沉澱的速度不一，土壤顆粒如果是小於這個

顆粒直徑的範圍以外，則所有的土壤顆粒，都完全在膠液膠體的狀況下，都不能用這公式以求結果。

在做這個試驗的時候，最好另用十五公分土壤，作收濕含水的試驗，行此試驗時，可直接把供試材料置於 110°C 的電爐中，烘至重量不變時而記錄其重量。

第三節 土壤的結構

土壤中含有大土粒較多者，稱為粗結構，質地多較瘠薄，含小土粒較多者，稱為細結構，質地多較肥沃，粗結構者多為沙粒，質重而大，含有機物很少，粘着力和凝聚力都小，乾時縮小不多，濕時也很少漲大，吸熱散熱和通氣排水都很容易，但保水力弱，含有鹽基物很少，養分不多，然植物種子容易發芽，在適當的管理下，加培肥尚宜農業，細結構者則多為粘粒，質量較沙粒為小，含有機質很多，粘着力和凝聚力都大，而且是濕時漲大，乾時縮小，所以一般人都稱之為重土，吸熱放熱都很緩慢，通氣排水也都不良，而保水力很大，微管吸力頗強，更因為養分解的程度較慢，所以是很少流失，含鹽基物頗多。

粘土的土粒不但是直徑很小，而且在水中還常常是浮游不定，發生所謂白浪運動（Brownian Movement）的現象，雖經數日之久亦不見沉下，此外粘土在過於潮濕時，常常能粘如膠漆，而乾燥時則又能硬如鐵石，膨脹和收縮的係數都大。

細沙和大於細沙的土粒，風化的進行都很緩慢，幾乎是發生不了化學的作用，而只能為土壤的骨格，以便利空氣和水分的流通，粉沙的作用，雖然是似乎能中和粗沙和細沙的劣性，但化學的反應還很低微，粘土則因為先天成因的不同，而物理作用和化學作用都很強烈。

土粒之大小的程度，稱為土壤質地，此種質地的粗細，經過了很久的風化學還而成，短時間內很難發生變化，所以在沙土地方，無論加以如何的耕作，終不能使其變成粘土或壤土，而土壤的結構，則專指土粒排列的狀況而言，此種土粒排列之狀況，關係水氣流通和耕作難易都很重要，但如堅硬之地，可用勤耕法而使之變鬆，輕沙土可用壓實的方法而使之變緊，或者是施用石灰和有機肥料等也都能使之改善。

第四節 土壤的組織對其理化性上的影響

在一定容積內的土壤，土粒愈大，則粒數愈少，土粒愈小則粒數愈多，沙土在一公分內有二十二萬八千七百萬個土粒，壤土有三十二萬二千二百萬個土粒，粘土則因為土粒較小，所以有一百九十一萬七千七百萬個，而最細之粘土則竟達四百六十二萬九千六百二十九萬六千個土粒，在同一容積裏面的土壤，土粒愈多則面積愈大，土粒愈少則面積愈小，根據物理學上的結果，面積大則土壤的吸力也大，土性也自然就較為肥美，統計，粗沙每磅的面

積為二百八十萬方尺，粘土每磅則多至二千零五十七方尺的面積。

在土壤中之土粒較大者，多成散塊狀態，稱為單粒結構，土粒小者則多混合堆積於一起，而使氣體水分皆受阻礙，所以必須使土粒與土粒之間，保持有相當的距離，而且又互相凝結，成一種團粒的結構，才能夠適合於植物的生長。

凡土粒能團聚成團粒狀態者，都比較成為分散狀態者要少受沖刷之害，這因為土粒在互相關聚之後，不但是本身重量增加，不易被風和雨水所帶去，而且團粒和團粒之間之孔隙很多，也可以改進土壤對於雨水的通透性，而使降下來的雨水能滲入地下減少奔逸的危險。

據前人研究的證明，鈣離子在不含有機物質的土壤中，不但不能團聚土粒，改善土性，反而能分散土粒，促進土性。——這或者是因為鹽基代換的結果，由於過剩的鈣離子使膠體表面的吸收力減少而促使土粒分散的。此外，在石灰物質施用量還沒有到達呈顯其本身的粘結力時，其分子分佈於土粒之間，而減少粘土土粒間的粘力，以致團聚度減低，也可以說是這種原因之一。

第六章 土壤之物理性

第一節 土壤的比重

土壤的比重，可分為真比重與假比重兩種，假比重係比較同容積土壤與水在一定溫度下之重量而得的數字，其土中的孔隙及結構仍皆保持原狀而不破壞，假比重的求法，是用一定容積的取土管以採取田間的土壤，烘乾而求其重量，然後再用同容積之水的重量除之，普通壤土的假比重為 1.10—1.20，沙土的假比重為 1.65—1.75，腐植質多在 1.00 以下，泥炭土則只有 0.4—0.5，土粒愈細，重量愈輕，粘土一立方尺重 60—90 磅，沙土一立方尺重 90—110 磅。這因為石英為沙土之母，長石為粘土之母，有機物則為生物遺體所組成，石英的密度最小，組織最緊密堅硬，所以同容積的沙土也遠較同容積的粘土和腐植質等為重。

土壤的真比重，是除去土粒間之孔隙，而使固體土粒的實際重量與同容積之水的重量比較而得的數字，這種真比重的求得方法可分幾種，但最簡單者，是先用比重瓶一個，測出其重量，加入土壤五公分，並另行加水若干公分，然後稱其重量，由總重量減去瓶的重量即為水之重量，再以此重瓶的容量減去水的重量，即為水的換置量，以水的換置量除乾土重量，就可以得出土壤的真比重。

土壤比重之最高者，爲其中的礦質部分，而礦物質部分之比重，常因其中所含之礦物的種類而定，一般言之約如下表：

石 英	2.65
正長石	2.56
鈉鈣長石	2.60
鈣鈉長石	2.60
白雲石	2.85
方解石	2.70
石膏	2.30
褐鐵鑛	3.6—4.
角閃石	2.9—3.4
輝石	3.2—3.5
白雲母	2.1—3.0
黑雲母	2.7—3.1
赤鐵鑛	4.5—5.3

第二節 土壤的孔隙度

無論什麼土壤中都有孔隙，土粒愈大則孔隙亦大，土粒愈小而孔隙也就因之而亦小，但土粒愈小，則土粒與土粒之間的接觸面愈多，而孔隙亦即因之而愈多，土粒愈大，則土粒與土粒之間的接觸面愈少，而孔隙亦即因之而愈少，而且如果加水於粘土中，則膠質體遇水膨脹而變滑，

接觸面因受此作用而互相聯結，孔隙却能因此而減少，Schubler 的研究證明，粘土溼透然後乾之，其縮小的程度，較原來之容積減少到 18.3%，沙土則縮小 6%，而腐植質乃竟縮小至 20%，這種收縮現象極不利於植物之根，且水分的蒸發也可以因此而增多。

土粒愈細，則土壤中的孔隙愈多，土性亦因此而愈佳，所以過去 Wollny 曾謂沙土有 41.5% 的孔隙，粘土有 58.3% 的孔隙，土粒愈大則孔隙亦大而保水力弱，養分即因之而易於流失，有機物愈多，則土中的孔隙亦愈多，翻耕作得法則土中發生團粒組織，孔隙亦見增加，已耕之地，其容積中幾乎有一半以上皆為孔隙，未耕之地則孔隙減少，同時，土層愈淺者土中的孔隙愈多，而土層愈深者則土中的孔隙反愈少，腐植質多者孔隙亦多，普通求土壤孔隙度的方法，是用下列的公式，而以百分數表示。

$$\text{土壤孔隙度} \% = 100 - \left(\frac{\text{假比重}}{\text{真比重}} \times 100 \right)$$

在土壤的孔隙中，大多數都為空氣和水分所充滿，所以對於植物的根部之生長和菌類的繁殖，都有影響。聞當有某種土壤含有大小不等的許多土粒，混合於一處，而且小粒插於大粒之間致令孔隙減低，而成為極難於耕作的澆滯土壤，水分既不易排除，空氣也不易流通，植物根部也因此就自然不能發展。

第三節 土壤的粘着性和凝集性

顆粒較大的土壤，其分子引力遠不及其分子質量，分子之水分的表面張力也因此而很小，所以其粘性也很小，顆粒細小的土壤，其分子引力遠較分子質量為大，粘力遂因之而較強，土中的水分愈多，則分子的間隔愈遠，分子引力和表面張力也都因此而愈小，粘性乃亦隨之而減，但假如其含水量過少，則分子與分子之間不發生表面張力，所以雖然是分子與分子間的間隔極近，而粘性則依然不大，在土壤分子的周圍，具有極薄的一層濕氣膜時，土壤的粘性最大。

土壤的顆粒愈小，則其間的毛細管作用愈大，所以凡是粘土都有毛細管作用，而土中水分增加，則毛細管壓力減低，水分減少，則毛細管壓力加大，如果在毛細管被水充滿的時候，而又適逢嚴冬則常能凝結成冰，而掀起地面，在北方各地，便常有這種現象的產生。

由於分子引力的影響，土壤常能發生凝集性和粘着性，如果在粘着性過大的時候而施以耕作，則土壤粘附於犁上及人足畜蹄等處，極不方便，如果在凝集性過大時而施以耕作，則易使土壤結成大塊，而發生混土，致令植物根莖不易發展，在土壤最乾和最濕的時候，最容易發生粘着性。

土壤發生凝集性的原因，是由於粘質細土的影響。此

外，如氫氧化鐵和矽酸鋁等的作用，以及土中之膠質物等也都有關係。在永定河邊的沙礫土壤中，春間初耕時，常因為沙粒附着於礫粒之上，看起來和普通的沙土頗相類似，但其水分極易蒸發，且一遇大風，沙粒即被吹失，地面上所剩下來的只是一片石礫。

粘重土內，含有膠質物很多，乾度愈增，結合力愈大，沙土的凝聚性則多由水分之薄膜而成，乾時反見減少，且沙土於乾時耕作亦不發生土塊，溼時耕作亦不發生泥土，而在稍溼的情況下耕作，反而可以使土粒的結合較密，免除水分和養分的流失。

第四節 土壤的顏色和氣味

土壤的主要成分為石英，碳酸石灰，陶土等，本來是沒有顏色，但因為日光的反射作用，而呈現為白色，混入了有機物和其他的物質時，又隨着混入物質的不同，而變成了很多不同的顏色，普通沙土含腐植質 0.2—0.5% 時則呈褐色，2—6% 時呈灰色，10% 以上則呈黑色，壤土或粘土，含氧化鐵 5—10% 時呈赤褐色，含水酸鐵 1—2% 時呈黃褐色，在海底和一般空氣不流通的地方，土中常常含有亞鐵化鐵，而變成綠色，一遇空氣即變為黃色，赤色或褐色。鐵質為土壤之染色體，氫氧化鐵則多為紅色之膠體物，此種膠體物如一旦能附着於土粒之表面時，即能夠掩蓋土粒之本色，而表現為鐵化合物的紅色。

土壤的顏色，乾溼不同，要想予以研究，最好是在潮溼時着手觀察，這因為在潮溼時候的土壤，常因空氣缺乏，含有物不能充分氧化的關係。北平附近的土壤，在冬季一般皆為灰黃色，然一至夏季，則又能變成棕黃色，這些現象也完全是水分與溫度變化時所生出的影響。此外，在土壤潮溼的時候，常能發生一種特別的臭氣，這種臭氣，是由於一種揮發性的有機物所生成，而這種有機物在全土壤中，大約只佔有百萬分之一左右的光景。

一般黑色土壤的溫度常常是易於升高，所以種瓜的農人們，為着了要想促成早熟的關係，常把黑沙鋪於土壤的表面上，或者是多施充分腐爛的有機物，這是顏色對於吸熱的作用。可是，與此相反，顏色對於放熱的關係上則無甚影響。

富含腐植質的土壤，大半都是黑色，吸熱最多，所以也極為肥沃，含雲母較多時，則常有閃光的情況，在我國沿海的的東南各地，因為花崗岩中特別含有很多的雲母，土壤中就常有閃爍燦爛的發光斷片存在。

第五節 土壤的坡度

平坦地方，不但是耕作便利，而且水分，溫度，溼度和光線等各種關係也都均勻，至於傾斜地，則土壤中養分極易流失，普通在 15 度以內者尚可耕作，15 度以上者則宜於木的生長，而不宜於種植作物，超過了 40 度以外，

■不適於一切植物的生長。

表土為耕作所用的土層，所以表土愈深，則植物根莖蔓延愈廣，養分愈多，愈為肥沃，而且更少受旱害。心土不受耕作的影響，但對於排水和微管流動等則頗關重要，心土如為粘土則水分易於停滯，心土如為沙土，則水分易於流失。

土壤坡度過大時，最易發生的影響，便是土壤沖刷腐蝕，據 McGee 所舉美國土地保證委員會的統計，美國有 0.2% 的農田，約計一千一百萬畝，因遭受沖刷的影響而無法利用，尤以高原地方，產量達 7—10%。另據 Hays 之試驗，坡度小於 4% 時，沖刷本極微小，但坡度略增，即能使沖刷迅速的加劇，在傾斜小時，水流的速度較緩，粘土細沙較易被其搬走，但傾斜大時，水力增大，沙土顆粒結合疏鬆，移動較易，而使沖失量反較粘土為更多。

Gilbert 發現，由於大小相同之粒子所構成的物體，遠不若不同大小之粒子的行動自由，沖刷總力隨水中所含物體的分量而增加，水中含有浮游物愈多，運轉物體之總力愈強，而清水流過地上時則影響並不甚大，愈易沖刷的土壤中，所含酸性的成分愈多。

第七章 土壤之水分及其與 植物之關係

第一節 土壤水分之種類

水為植物生長所必需的材料，而且能促進土中的化學作用和生物作用，原來水對于土壤中鹽類的溶解力量本來很弱，但在含有有機物分解所生成的酸類和鹼類土壤水的溶解力則很大，無論在什麼時候，土壤中的水分都不是純粹的氧化氫，必定要含有不等量而且極微末的二氧化碳氣，以及其他鹽類如碳酸，鹽的及腐植酸等，此種酸類的存在，都可以增加水的溶解力。

凝結於土壤的表面或被土壤吸收的水分，稱為吸溼水，其構成的原因，一半是由於土壤吸收水分之力，一半是由於水之分子的互相吸引所致，土壤愈細，有機物愈多，溼度愈高，溫度愈低，吸溼水的含量也一定會隨之而愈大。

土壤中的吸溼水，超過了平常的溫度時，便有一部分蒸發放散，但在 15°C 時，沙土由飽和空氣中吸收 2% 之水，粘土吸收 7% 之水，在 34°C 時，沙土吸收 4% 之水，粘土吸收 9% 之水，在一定溫度下，把土壤暴露於飽和水分之空氣中，經過了一定的時間，其所吸收的水分之

，稱爲土壤的吸溼係數，Briggs 求吸溼係數的方法，是在 24°C 下，曝露土壤於飽和水分的空氣中，至土壤之吸力到達最高限，而不能再增加重量時，稱其重量，然後再置於 100°C 的熱爐中烘乾之，前後的重量之差就是土壤的吸溼係數。

Hilgard E. W. 於試驗土壤之吸溼水時用 200 度的高溫以烘乾土壤，但實際上在 105—110 度之間，土中水分便可以蒸被驅出，如果一定增加至 200 度時，有機物質反容易因之而分解，吸溼水並不能供給植物之利用，但可以防止表土感受急劇熱力時的變化，而保護植物之生存。

位於吸溼水的外層，不受地心吸力之影響，能夠移動而且可爲植物利用的水分，叫做微管水，在尋常溫度下可以蒸發，土中鹽質多，溫度低，沙土緊密、粘土膨鬆以至於有機膠質物增加時，微管水亦隨之而增多，吸溼水既然是不能爲植物所利用，而除水稻等少數的植物以外，一般植物又都不能生長於水中或過溼的土壤中，所以大多數的植物，都只能利用毛細管水而已。

土中水分過高時，因爲受了地心吸力的影響，遂向下流，稱爲滲透水，非但不能爲植物所利用，而且能促使土壤的溫度降低，通氣不良，阻礙細菌的繁殖，劣變土壤的物理性和化學性，但在微管水缺乏的時候，則能上升而成微管水。

第二節 土壤水分的性質

水的容積常隨着溫度的高低而變化，在 4°C 時水的密度達於最高點，但溫度降低或者是超過此點時，則水的容積都能夠漸次膨脹，在 15°C 時與零度的水比較，其密度為 0.990，在冰點時水的密度為 0.99988，若成爲冰則其密度為 0.928，冰塊溶化時吸收很多的熱量，但其溫度並不增高，溶化冰塊時所需之熱，較之固體金屬溶成液體時所需之熱量爲尤多，一公分的冰，需要吸收 80 個單位 (Calosces) 的熱量才能溶化，而金屬類中則只需 5—77 個熱單位即可夠用。

水能幫助岩石的風化，並促進土中養料的分解，而且能在植物體內擔任養料輸送的工作，此外，水的本身也就是植物的養料之一種，一般而言，土壤中的硝酸，氮和鈣的濃度與土壤中水的分量成反比，水分增加，這三種成分的分量馬上就依照比例而減低，這證明了土壤中所含的硝酸基與氮可以完全溶解於土壤溶液中；而這兩種酸基又同時要取得其等化合量的鈣一同溶解。

磷酸的濃度雖然在各種土壤中的含量都不一樣，但皆與水分的多少沒大關係，而且似乎是土壤中的水分就是其磷酸成分的飽和液，如果因爲了植物吸收的作用而減少，馬上便可由礦物溶解而予以補充，如果要含磷過多，則可放出而成固體，存於土中，其普遍的含量大約在萬分之一

百分之三，鉀的濃度與土壤溶液的濃度並相增減但沒有一定的比例，這指明了鉀係一部分溶解，而另一部分則被土壤吸收，而且溶液中的鉀和土壤中的鉀，似乎有一定的平衡。

植物吸收溶液中的食料，使溶液的濃度減低，但對於所吸物的物質似乎是具有着選擇的現象，磷酸最少，次為鉀鈣，而鎂與硫酸，則消耗最少。

第三節 土壤水分之成分

大氣中隨時都包含有很多的塵土，一與水氣接觸，便凝聚而成雨滴，並且同時能溶解空氣中的氮化合物如硝酸，氨，二氧化碳和因燃燒而放散出來的硫氣等而落於土中，據 Schutt F. T. 經過了七年的研究，證明了每年每英畝由雨雪帶入土中的氮素成分為 4,322—11,435 磅，而平均為 6,916 磅，另據 Steward Guy R. 七年的紀錄，每年每英畝由雨雪所得的硫為 45.1 磅，而在其他一地的三年紀錄則為 40.8 磅。

平均每年雨量在十英寸以下的地方，稱為乾旱區。11—20 英寸的地方，稱為半旱區，21—30 英寸者則稱為半濕區，31 英寸以上者叫做潮濕區，而常時被水淹沒的陸地地區則為過濕區，在我國蒙古與西北各省為乾旱區，黃河流域為半旱區，長江流域與東南各省為半濕區，珠江流域為潮濕區，過濕區則散在長江以南各地，北方雖也有

很多的湖沼，但在整個大地上看起來實在只佔有很小的一點部位，普通在夏季炎熱的時候，雨水降落以後，可由蒸發而損失其 75% 所以在乾旱區與半乾旱區中幾乎是沒有排水可流出。

第四節 土壤水分對於植物的關係

水分過少時，植物固然是易於乾枯，但水分過多，則又防礙了土中空氣的流通，而使根之呼吸不良，有益細菌無法生成，而且很容易產生出有害的物質。普通在種子發芽的時候，必先吸收氧氣，以氧化其所儲藏的碳水化合物，如果是土中水分過多，則常致空氣不足，而使種子不能發芽，而且土中的植物養料和空气中的二氧化碳，都必須要先溶於水中，才能夠經過滲透作用而進入植物內以運輸於各部，此外，植物的細胞也必須在緊張的狀態下才能工作，而此種緊張狀態又全依賴着水分的維持。

在新鮮的植物體中，有 60-90% 為水，當植物體內濕熱過高的時候，水由葉部蒸發，即可予以調節，而維持植物的生青，這由於平常每一公分的水，在蒸發的時候能夠帶走 537 單位之熱的關係，大多數植物的蒸發量，在二十四小時之內即可與其本身之體重相等，植物在生長旺盛的時候，需水最多，到了成熟的時候需水最少，在水分較多的時候，植物雖不至馬上受到大害，但易使枝葉繁茂，鬱於漿汁，而且還容易引起病害和虫害，如果在成熟時期水

分過高，則不但是品質因之而變劣，完熟時期亦常能因之而延遲，所以一般土中最適的含水量是 40—80%，而平均以 60% 爲最佳。

在植物造成有機物的時候，計每磅的乾物質，需水 300—500 磅以上不等，中山大學農學院丁款教授在該院第一農場三年試驗的結果，早稻稟莞白每單位的乾物質，需水 647.41 單位，晚造竹結，每單位的乾物質需水，619.3 單位。

天然植物之生成，一半是由於雨量或土壤水分的關係，在雨量充足的地方以森林爲最多，雨量中常的地方，以草原爲最多，但在雨量缺少的地方，則只生長些仙人掌之類的沙漠植物，小麥，高粱，玉蜀黍等類的普通旱田作物需水較低，馬鈴薯豇豆等需水較高而麻和大豆向日葵等濕地作物，需水最高，至於苜蓿和金花菜等雖然也屬於普通旱田作物，但因其根較深，可以吸收土壤下層的水分，所以也能生長於乾地。

植物於生長之際吸收食料，皆由微生物之作用以補充之，Hoog land, D. R. 等用經水洗後的土壤，儲藏一年，其曾經施行滅菌手續者，水溶化合物毫無增加，未滅菌者則大爲增加，這可以證明土壤物質在進行溶解時須要生物作用的事實。

第八章 土壤水分之保持與調節

第一節 土中水分損失之原因

土中水分損失之原因，大約可分為蒸騰、蒸發、奔流和滲透四方面，而蒸騰為植物生長中的主要功能、非有適當的蒸騰作用，植物不能進行其生長，所以這一種蒸騰作用站在人類研究土壤學的立場上說，應該認為是土壤於自然界中所應盡的義務，而因為蒸騰的關係而耗失的水分，也可以認為是土壤對於自然界中所應有的正常開支。我們研究土壤水分之保持與調節問題，也就是要減少或阻止土壤水分之無謂的消耗以集中力量而供給其蒸騰作用之所需。

土壤中由降雨而得之水分，大約有四分之一是耗之於蒸發，而蒸發量的多少又是和溫度的高低成爲正比例，此外如果在土面上有很深很大的裂縫時，則心土中的水分也常被蒸發，勤行中耕或者是在行間覆草，都可以減少蒸發的作用，在大雨之際，如果是地面的斜度太大時，則新降落下來的雨水常常能攜帶表土中的養分而奔流以去，在土壤固結而不易透水時，也有這種現象，所以必需要多行耕鋤，施用石灰，增加有機物或者是作成梯田以預防之，並且要隨時種植，莫使地面赤露。

據 Duley 與 Millen 證明，一英畝的小麥與金花菜

中，流失水溶植物養料 163.8 磅，而另一田中，於春季鑽掘四英寸，全年休閒則流失 180.1 磅，這可以證明栽植作物與土壤所需的情形不同，而且在這些被流失的植物養料中，鈣與磷損失最多，鉀的損失較少，氮、鎂和鈉的流失則極其有限，我國的黃河，據估計，每年運入海中之沙泥約有 17520 兆立方尺，如果能將其堆積在一百萬平方尺的面積上，則可以成功為一萬七千五百尺的高山，而長江每年運入海中之泥沙，如堆積於同一的面積上，則所成的土山也可達一萬一千尺之高，這都是很清楚的說明了流水沖失的巨大力量。

至於滲透作用，依美國康奈爾大學十年平均之結果，由於土壤水分滲透之影響，每英畝損失氮素 69 磅，等於硝酸鈉 (NaNO_3) 490 磅，鈣 390 磅，等於碳酸鈣 (CaCO_3) 990 磅，鉀 572 磅，等於氯化鉀 (KCl) 137 磅。

旱田作物，每畝需水分 5—10 畝寸，水田作物則需 20—30 畝寸，散失愈多，則植物所能受用的分量愈少，所以我們必須要想方法來研究其保持與調節的問題。

第二節 排水

雨水奔流或者是滲入地下，固然能帶走養分沖蝕地面，然如在粘土中水分過多約時，也必須要使其排出，才能夠有利於植物的生長，所以實際上排水的工作也一樣可以說是防止雨水流失的工作，防止雨水流失的方法，第一

須使土壤疏鬆（以關於水分的滲入）第二須使土壤有良好的物理性質，例如在缺乏有機質的沙土中則不能夠深耕，否則非但是不能收到理想的效果，反而還能促成水分的滲漏，這因為有機物具有疏鬆的組織，如果與土中的無機物混合，便可使土壤鬆，而減少毛細管水之引力，並且能改善其他的物理性質，沙土易滲透而保水力弱，如果能加入相當的有機質，則保水力也因之而立見增加，此外，有機物質還能夠助成團粒組織，以增大其吸收水分的能力，而且有機物中都具有很多的氮素成分，因此氮素肥分之作用，常能生成繁茂之植物以阻止地上水分的奔流。

防止雨水蒸發的方法，對於不須要常行中耕的植物，可以在行間覆草或者是蓋覆以其他的物質，如果在物料缺乏而人工價值較低的地方，則可將表土鋤鬆以隔斷其毛細管作用，在可能範圍內隨時種植作物不但可利用土地而不使田園荒蕪，同時也可以達成了防止雨水蒸發的目的，在主要作物收穫之後，馬上便應該專種以被覆地面的作物，一方面用之以防止蒸發，且可於栽培下季作物之前耕入土中而作肥料。

泥炭與腐植土中，常因為有機物的腐爛，而生成了過多的二氧化碳，如果是空氣流通的時候，這種氣體便可以放散於大氣中而離開土壤，但如果雨水過多，致將土壤中的空氣排出時，則此種氣體常能與土壤中之物質化合，而成過量的碳酸鉀和碳酸鈉，固之而成鹼土，所以排水的

利益不只能減少土壤中養分的流失量，而且能洗去土中的有毒物質，增加土中溫度和有效養分，流通空氣促進細菌發育，還可以便利耕作和植物的生長。

排水的方法，可以在田內每隔相當的距離掘一個水溝，使諸小溝會入大水溝而流入河內，倘使在地價較貴的地方，則可用樹枝巨石和管筒等埋入地下，以行排水。

第三節 灌溉

在土壤中水分不足，而致植物遭受旱害的時候，則可以使用灌溉的方法以資補救，施行灌溉時既可以增加土壤中的養分改良土壤的組織，又可以防除病害和蟲害的發生，灌溉的主要作用，為補助雨水之不足，而促進植物之生育，但相反的却也能促使土壤中鹽質的溶解，而用毛細管作用以上升於地面，因之而造成鹼土，而且灌溉用水的溫度也未必適合，更易使植物因之而受害。

在江河下游的沖積地帶，可於沿河兩岸開溝引水，而利用土中的毛細管作用以滲潤土壤，此外如一般稻田和鹽灘路東段各地的菜園中則常將田地四周作成小埂，而灌水於田面以供土壤之吸收，東西各國和中國都市地方則常於田間埋入管孔之水管，而灌水管內以滲潤土壤，但因為設備的費用太大，即在歐美日本，也只在園藝方面略有引用，至於用人工灌溉或設置噴水龍頭，而以壓力洒水者，則更為花園中的特殊設備而已。

第九章 土壤之熱與空氣

第一節 土壤之溫熱對於植物的影響

所有的生物，都必須要在適當的溫度之下，才能夠生活，有機物也必須要在一定的溫度之下，才能夠分解，因為了這樣的關係，所以在寒帶地方的土壤中，一概都沒有生物，而溫冷帶中則只有下等生物，必須在溫熱帶之良好的土壤中，才能有多數的生物，而且對於土壤有很多的作用，普通生物在 20°F 以下，就不能夠生長，而種子則更不能夠發芽，與此相反，在這種情形下微生物却可能大量的繁殖，以侵害播下的種子和植物的根部。

最適於植物生長的溫度為 $80-90^{\circ}\text{F}$ 而到達 115°F 以上，則植物生長近於停止，在一定的界限內，溫度愈高，則植物的發芽率愈強，而生長愈速，至於各種植物之最適宜的溫度，則各隨其植物的種類與性質而不同， 35°C 為最適於有機物分解的溫度，在 $50-60^{\circ}\text{C}$ 時的分解量最大再高則可以到 $65-80^{\circ}\text{C}$ 然在零度以下，則分解作用即近於停止。

第二節 土壤中溫熱的來源

在太陽光線照射於地面時，土壤馬上即可以吸納其熱力，但在這中間，因為受了空氣的影響，土壤實際上所吸

收時的熱並不很多，一般富於腐植質的土壤，顏色黑暗、吸熱特多，而地面的斜度與太陽射線成直角時，吸熱也多，東南向的斜坡地春季的溫度較高，南向的斜坡地夏季之溫度較高，西南向着秋季之溫度較高。

晴朗之日，每一平方公尺的土面，在一小時中所受的直射熱，大約有一百萬單位，如果能全被一方公尺六寸深之耕鬆的土壤所吸收，則一小時中土溫就可以上升二十四度半，在春雨之後的植物常常勃然茂盛，便全是由於這土溫增高之所致，在土溫 10 度而土中含水 10% 時，一英寸之雨水，能增高六寸深之表土的土溫 4.6 度。

穿穴入土，每深三十公尺，土溫即增加攝氏一度，所以土壤的本身就具有着很多的溫熱，而植物生長時更吸收多量的熱能，以製造有機物，當有機物分解時，則又能放出於土中。

同量之土，與其增高一度時所需之熱的數字之比較，稱為比熱，土壤中之富於有機物者，結構細者，水分少者，則土壤中的比熱，皆較一般者為低，而土壤中含礦物質多者，易於傳熱，結構愈細，有機物愈多，空氣愈多者則傳熱愈難。

第三節 土壤熱的放散

在地溫較大氣溫度為高的時候，則土壤熱力易於放散，而土中水分愈多，則所放散的熱亦隨之而愈大，土壤放

散熱力的方法，第一爲反射，在晴天夜裏，反射熱很大，有時且能多過於日間所吸收的熱，第二在土面罩有冷空氣或上下接觸較冷的土層的時候，都能把表土中的熱力傳走，第三卽爲蒸發，普通每一磅水的蒸發熱，能使七千五百磅土面下降華氏一度的土溫。

排水、翻動，以及施用有機肥料和少許的石灰等，都能夠減少蒸發而降低比熱，在地面上加蓋有機物則更可以阻止反射，普通表土最能感受外界之溫熱，而心土則影響甚微，一般自表土而下六英尺，土溫的變異頗大，但到下至五十英尺以後，則日常溫度幾乎已沒有變化，所以依照着每深三十公尺增加華氏一度的心土熱公法，在七萬五千公尺以下的地方，便到了地心熱的中心點。

土中溫度，在六寸深時六月最高，三尺深時，七月最高，六尺深時，九月最高，這由於太陽熱，與季節的關係。

第四節 土中氣體之成分

土壤中的氣體，通常都沒有一定的成分，大約氮氣較普通空氣爲多，而氧氣則較普通空氣爲少，此外則水蒸氣、氫氣、空氣、亞莫尼亞氣、氧化水素等亦均較普通空氣中者爲多，土壤中的氮氣之來源，有由空氣中侵入或由雨水從高空帶下而透入土中者，也有因土壤吸收碳酸石灰和過碳酸石灰而散出者，此外還有一部分是由於有機物分

解而生成。

Stocklaga 證明，在一英畝大四尺深的土壤中，微生物能於一年內有二百天，每天放出 65—70 磅之炭氣，如果在燕麥和小麥的生長期間，則其根部所放出的炭氣，更較此數為多，而且在土壤的空氣中，如果在 15 Cm 的深度時，含有 1% 的 CO_2 ，即能夠阻止植物的生長作用，有時且可能竟致植物於枯死，所以土壤中的空氣必須流通，才能把多餘的炭氣帶出。

正長石、碳酸鈣、磷酸三石灰等，原來都是不大容易溶解的物質，但如與二氧化碳結合，則可以變成為植物的養料，而且二氧化碳又能夠溶解弱酸性的物質，據 Boussingault 之實驗，普通大氣中的碳酸氣成分約為萬分之六。

在鐵質土壤而又相當潮濕的時候，就很容易發生氧化作用和硝化作用，都能夠消耗很多的養氣，而硝化還原作用，則又能放出氧氣，土壤中所含有的養氣分量愈多，則植物種子的發芽與根部生長也皆愈迅速。

第五節 土中氣體之性質

大凡土壤的結構輕細，組織疏鬆，含有大量有機物而又處於低溫環境之下者，則其容氣量大，但如水分過多則空氣量少，土中空氣流動不息，而且常能與土外空氣行交換作用，以將二氧化碳與水蒸氣排出，倘使在二氧化碳氣

過多的時候，則不適於根瘤細菌之生存。

所有氣體皆有擴散作用，假如能收集某種氣體於瓶內，而不加封閉，則雖其比重遠較普通空氣為大，然不久以後也一定能漸次擴散而與大氣組織混合均勻，一般氣體，每於上升攝氏一度時，其體積即能膨脹二百七十三分之一。

第十章 土壤中的微生物及其作用

第一節 原生動物

據 Fellors 和 Allison 的研究結果，每種土壤中至少含有原生动物的兩種，多者則可達二十八種，普通土壤中的有機物和水份愈多，則愈適於原生动物的生長，而大部分之原生動物，都起着寄生作用，以傷害植物的根部。

土壤中的微生物，常能有促進土壤團聚的功效，peele 曾先發現微生物的排泄物有結合土粒的能力，Myres 和 Mañilla 也指出美國草原土層中諸土壤凡含有微生物數目較多者，土壤的團聚狀況，也都較良好，而且他們還解釋說，微生物本身並沒有團聚土粒的功效，但由其數目增加，則各種新陳代謝之產物也必定隨之而增加，而此等新陳代謝的產物，却具有團聚土粒的功效。

微生物於其生長的過程中，都能生成酵素以分解有機物，使較難分解的有機物變為簡單化合物供給已用而作食料，或者則取用由分解而生之熱力，以作其所需之力，一般微生物的作用，為生成陰電離子，而因為了陰電離子的存在，又可以促使土壤中發生與此等化合物的陽電離子。

接受陽光的表土，與深達五尺以下的底土中，微生物較少，而一尺內外的土壤中，微生物最多，這種現象，全由於陽光與空氣的關係，沙質土中有機物很少，微生物無

能獲得食料，而且排水過易，當水分過多時，很容易使微生物遭受沖失，如果水力弱者，在乾旱的時候，微生物又會因水分缺乏而死亡，如果在土壤中發生酸性作用的時候，則微生物更難繁殖。

結實土壤中的有機物很多，微生物食料充足，而且排水較難，微生物也不至於因為排水的關係而遭沖失，其排水力大者，則更隨處都有適合於微生物生長的溫度，且酸性的成分不多，也更適於微生物的繁殖。

有多種植物之黃萎病根腐病等，皆由於微生物的作用而生，如植物受過此害，第二年即不可再行種植，而必須施用石灰以殺滅此類微生物，或者是採用輪作的方法，以圖避免。

第二節 細菌和絲狀菌

Wahsman 發現，土壤中的有機物之所以能產生亞莫尼亞者，全由於細菌分解纖維質的作用而起，而分解初期則尤為重要，在森林土壤每一公分中，約有細菌八千個，而草地土壤每一公分中則有一千四百萬個，表土且遠較心土為多，細菌且能使亞莫尼亞發酵而成蛋白質，又能固定氮素。

纖維質的分解，須經過兩個步驟，第一步是纖維質加水而成葡萄糖，其化學變化為 $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_6H_{12}O_6$ 。第二步為分解葡萄糖而生成二氧化碳與沼氣

，其化學變化為 $C_6H_{12}O_6 = 3C_2H_4O_2 = 3CO_2 + 3CH_4$ ，
纖維分解的速率，不論在何種情形下，都以氧的供給為主
要條件，供給愈多，分解愈速，此外，如施用磷鉀和石灰
等也可以促進分解之速率。

絲狀菌在草地中常比在栽植作物之地中為多，McBeth
認為其也有分解有機纖維之作用，絲狀菌普通為多細胞植
物，路具根莖葉等特別器官的雛形，而且有時候，各種器
官都各具其特別的機能，但沒有葉綠素，所以不能不分解
有機物以取養料。

高等絲狀菌的菌絲，有段節可分，下等絲狀菌則成單
細胞之菌絲，而沒有段節，A. steven Colet 認為有機質
之分解和土中養料之供給，在馬來半島上，幾乎全由於絲
狀細菌的作用，更因其能適於強酸性的土壤，所以其作用
常能超過於分殖菌。

第三節 酵母菌和細菌

酵母菌為卵狀和球狀，由芽生法繁殖，在表土中者遠
較心土為多，能發酵澱粉和糖類，細菌能溶解一切有機物
和無機物，單細胞，分裂繁殖，有桿狀，球狀，螺旋狀
等多種，大小雖各因種類而不同，但大體上直徑僅只有
0.001—0.002mm。

桿狀菌常叢集一團而環繞於土粒的四周，如果是土壤
中的各種情形都甚良好，則一個細菌只須經過了一日夜的

時間，即可分裂為三百萬萬，普通在一公分之土壤內，約有五千萬至十萬萬之多，平均長約為 14μ ，寬約 0.5μ ($1\mu=1/1000\text{mm}$.) 在表土中者也較心土為多。

必須有充分的養氣才能夠生存的細菌，稱之為好氣細菌，能養化有機物而變為可給態養分，不須要養氣的供給也依然能夠生存的細菌，稱之為嫌氣細菌，能使纖維質變為可給態，又能把有機物中的養氣除去，以變為氣體化合物。

在土壤過分乾燥時，因為了水分的缺乏，而細菌易於死亡，在日光下經過數小時或在 $120-140^{\circ}\text{F}$ 時經過十分鐘，也能死亡，但在孢子期中則又比較的可以抵抗乾熱，而在 $70-100^{\circ}\text{F}$ 時，則細菌之生育最為強盛，一般細菌都喜生於中性或微鹼性的土中，而且有時能自己產生酸物以為害於其自身，在粘土或純沙土以及排水通氣不良的土壤中，都不容易發育。

細菌身體的大部分為水，平均大約有 80%。據 Cromea 的研究，桿狀菌的組成，炭佔 50%，氧佔 12.3% 氮佔 6%，灰分佔 9.16%，而且在細菌體內也有細胞核，這種細胞核是由於半流體的蛋白質而成，外有液膜，有時候且具穿膜邊毛而可司游動。

第四節 藻類和氮化菌與硝化菌

藻類都含有葉綠素，所以能進行光合作用以變成炭水

化合物而供給固氮菌類之效能，又因為日光為光合作用之必要條件，所以藻類也多生於土壤的表層中，藻類的養料普通以無機物為主，但也有一部分可以利用有機物，而且還有幾種藻類，竟完全是依賴有機物以為生活，其主要的攝取養料的方法，便是分解蛋白質或其他的有機含氮化合物，Cystocus 等，則更能利用空氣中的氮素。

動植物遺體被微生物分解後，能發生氮素以作植物養料，發生炭素和養素而使土壤中的鹽物質易於溶解。普通糞與氮的比率為 80:1，經過了土壤微生物的分解作用後，即變為十比一，從此便維持一平衡狀態，比率愈寬，分解愈慢，比率愈窄（如棉粉豆餅等）分解愈速。

土壤中的有機含氮化合物，一般都先行分解而成為氨，再經氧化作用變成亞硝酸，與鹽基物化合再經氧化後，才成功硝酸和硝酸鹽，促成有機物變成為氨的細菌稱為氨化細菌，促使氨變為亞硝酸的細菌稱為亞硝酸細菌，桿狀和球狀兩類，促使亞硝酸鹽變為硝酸鹽的細菌，則稱為硝酸細菌，兩者的作用決不相同，但能同時生存於同一的土壤中。

氮化作用和硝化作用，皆由於土壤之微生物的工作，必須水分，溼度，空氣等都有一定的適量時，才能夠工作迅速。

	氮化細菌	硝化細菌
最適水分	土壤儲水量之60%	土壤儲水量之50-56%
最適溫度	20—30C	35C

空氣之需求 非必需但可促進作用 必要
適宜反應 微鹼性 中性至微鹼性

第五節 根瘤菌及其接種法

所有豆科植物的根部，都常有根瘤附生，而根瘤之內藏有很多細菌，當植物生長的時候，這種細菌由根毛的先端侵入根之內皮，致細胞原形質因受其刺激而增大，遂逐漸而生成根瘤，能吸收空氣中的游離氮素，根瘤的形狀和大小，都因植物的種類而各不相同，大豆和菜豆的根瘤多為球狀而較大，豌豆和蠶豆的根瘤則為長圓錐形，毛豆之根瘤最大，紅花菜之根瘤最小。

根瘤細菌亦屬於桿狀菌類，有只能寄生於一種植物者，如苜蓿之根瘤菌即不能寄生於金花菜中，然亦有能寄生於數種植物者，氮素固定細菌之工作，為消耗土中或豆科植物之糖類，以固定氮素而為食料，其生活條件須有充足之糖類，磷酸和鉀，而且須要呈中性反應與適當之溫度，濕度和空氣，氮化合物吸收細菌能吸收土壤中的有機和無機氮化物以作食料。

初種豆科植物，或者是久種某種豆科植物之地，如欲改種新豆科植物的時候，必須要先用人工，接種根瘤細菌然後才能適合於理想植物之生長，其接種方法，是於採集之豆科植物生長茂盛的地方，選擇根瘤衆多之處，或者是植物成熟，根瘤菌因根已腐敗而侵入土中時，去其表土。

三寸，以取恰爲豆根生長處所的中層土，每畝約四五斤，立即細碎，於下午日落時灑入田中，耕種土內。

如果把取得之土混入水中，然後將擬種種子，浸入水中，使細菌能附着於種子之上，或先以膠質液浸濕種子，放入土中，使其粘着於含菌之土，然後播下，隨即耕耘，也都能得到同樣效果。

第十一章 土壤有機物

第一節 土壤有機物之成因

早期的地面，原來是由於岩石風化而成的粉末所組成，本來沒有樹木和其他的高等植物之生長，但經過了若干年代以後，就漸漸由菌類藻類而至於原生野草之繁殖，從此以後，根苗腐敗，日漸堆積，有機物質乃因此而逐漸增多，一般草原土皆為黑色，然到達了生長樹木的時代中，原始野草已經是逐漸減少，而樹木類的枯枝敗葉也常被人類焚燒，或者是完全氧化，原經多年積聚而成的有機質分量乃竟因此而漸少，終至出現白色，新生植物遂應時而起

土中最初的有機物，雖由菌類和不等植物而來，然時至今日，則以一般的植物遺體，與人工施入之綠肥與堆厩廄肥等為主要，土中生物之遺體為次要，且更以動物遺體分解極易，而為量亦復很少，所以重要者乃竟幾乎完全是植物遺體的化合物。

普通農田中的植物遺體，都不含有澱粉類和脂肪，而以纖維質為主體，這因為澱粉類和脂肪都已經用作製造種子果實與根莖葉等的原料而被農人收去的關係，農田中的植物遺體，以豆科植物為最佳，苜蓿稈中的氮素，其灰分含量，幾乎有麥稈中的一倍以上，便可以作為這種

實的證明。

低濕之地，水草豐富，有機物的含量最多，沙土中則因為空氣過分流通，氧化作用盛行，有機質的存量乃因而較少，如果在洪水泛濫的時候，木葉草芥等更常因沖積作用而聚積於低地。

第二節 土壤有機物之分佈

土壤中的有機物，受微生物之作用，分解而成腐植質，因為有機物本身的種類，及其生長地方和歷時久暫等，所含有的成分也各自不同，澤沼中，植物遺體終年埋沒於水內，因而便不能獲得充分的養氣，所以就很容易腐爛，久之便生成了含有 90% 以上的有機物的泥炭土與腐植質土壤，而腐植質中，含有氮素成分者，稱為含氮腐植質，所含氮素多為氨的形態，含氮分量約為 2—22%，農業上所說的腐植質，幾乎是全屬此類，腐植質中只含有礦物質鈣、磷、硫、鐵等，而不含氮素者，稱之為不含氮腐植質，在農業上不很重要。

石灰質能幫助植物之生長，如果要管理得法，又能有阻止腐植質流失的作用，寒帶地方的土壤中，因為其溫度較低，有機物不易分解，所以常含有較多的有機物，而溫帶地方，則雖適於植物之生長，却不適於有機物的保存，這因為在 25°C 以上的溫熱中，有機質之分解遠較其生成為速的關係，至於熱帶地方，土壤溫度經常都超過了攝氏

表的 25 度。植物死後隨即便可以分解，所以土壤中之有機物的含量也因之而較少。

在低濕的地方，有機物常聚集於土壤之表層，土層愈深，則其中的有機質含量也隨之而愈少，但如果在乾旱地方，植物根改善了吸收水分的關係，很容易深入土底，有機質的分佈乃亦能因之較深，沖積土中的有機質之分佈，也較其他土層為深。

第三節 有機物對於土壤物理性的影響

土壤中的有機物，對於土壤之物理性質頗有影響，一般的有機物之比重，都較小，所以土中含有的有機物愈多，則土壤的比重亦即因之而愈小，粘土如果是缺乏有機物質，在潮濕的時候，則易成膠狀，不易耕作，乾燥的時候，又易成塊狀，而無法打開，但因為有機物遇熱即漲，遇冷即縮，一漲一縮，往復不絕，便可使粘土鬆軟，顆粒擴張，容積因而增大，而且有機物又富於凝聚力和粘着力，加施於土中之後，便可使原來各自單粒分離之沙土，因為了有機物的作用而變緊，從而就造成了團粒組織，以便於耕鋤。

有機物之加入，均增加土壤中的空隙，使植物的根部能深入於土中，以增大其吸收養分的面積，並且能增加土壤中的容水量，以減少土壤中的毛細管水的引力，所以沙土之原來易於滲透者，一旦如加入了有機物質，馬上便可以增

加其保水的力量，更因為有機物質多為黑色，吸熱的力量很強，所以能促使土壤中的溫度增加，但這種因土壤顏色之影響而發生的土壤溫度之差異，在晴朗的天氣中，表土四寸深的範圍以內，竟可達 40°F 左右，因此，所有的黑色土壤，都具有能促使作物早熟的效果。

第四節 有機物對於土壤的化學影響

有機物質對於土壤的化學影響，亦頗重要，在有機物分解的時候，能夠放出養氣以氧化土壤中的有毒物質，並且能因養氣與炭氣的結合而產生碳酸氣，此外，因有機物分解而放出的養氣，又能與土壤中的其他物質化合而生成有機酸，此等作用，都可能增進土壤溶液的溶解力，而使土壤中的礦物質轉變為植物的養料。

新鮮的動植物混入於土壤中以後，便能夠漸次分解而成為黃褐色，稱之為腐有機質，或腐植質，含有氮素成分很多，而在雨水稀少地方之腐植質中的含氮量，更遠較多雨之區者為多，普通腐植質中的氮素成分，因為了分解當時之外界情況的不同，常能比原來的物質增多到三倍以至於二十倍，有機物且多富於膠質，可增進土壤的吸收能力，按 Hissink D. J. 之試驗的證明，有機物吸收鈣質之能力，可較粘土高出五倍。

有機物對於土壤微生物之作用，亦頗重要，不但其本身即能為土壤微生物的主要食料，而土壤中之氮素，且實

有 95% 係屬於有機物中，磷亦有 33% 為有機形態，且大量之鉀鈣與硫亦均包含於有機物內，此種植物食料，一部份為作物所吸收，一部份即作為土壤微生物之食料。

第五節 土壤有機物的測量法

土壤中的養氣，如果在含量不足的時候，則有機物的分解必不很好，而且能產生出具有毒性的中間化合物，不但妨礙植物之生長，而且能阻止土壤中之微生物的發育，並又能使土壤變為酸性。

如果要想測知土壤中之有機物的含有量，便可用坩鍋一只，燒乾後而稱其重量，然後再加以五公分的乾土於坩鍋內，燒紅，使坩鍋內土壤中的有機物完全氧化，取下冷卻後，再加以適量的碳酸銨 $(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3$ 又燒至 150°C 時再稱其重量，然後以第一次所稱得之重量減去第二次所稱得的重量，所得結果就等於有機質的含有量，在舉行這試驗的時候，所必需要特別注意的地方，便是決不可灼熱過高，否則便易將氮化物及鹽化鉀等燒去，而使試驗的結果不很正確。

第十二章 土壤之膠質及其吸收作用

第一節 土壤 質物之特性

土壤中有很多的化學變化，和物理現象，都由於膠質腐植質的作用而起，這裏所說的膠質物，實際上只係指某種具有特別之粘性，而能成膠狀或糊狀的物質而言，普通膠質物雖然都能夠通過濾紙，但都不能夠通過半透明性的膀胱膜，中國鄉下人常常會利用豬尿泡裝東西，無形中也就是應用了這個原理的事實，在過去的學者們，常認為膠質體是一種特別的物質，但近來則已經證明為係由於某種物質的一變態。

土壤中的有機物之腐敗和無機物的分解，都能夠產生出來膠質物，這種膠質物如果是產生於有機質者，就稱之為有機膠質物，如果是產生於無機物者，則稱之為無機膠質物，而在有機膠質物中，又可以分之為有粘性和無粘性的兩大類，其吸收力都比較無機質者為強，至於無機膠質物，則除去了矽酸和水酸化鐵外，其餘大多都化合複雜，而不易研究。

一般在物理性質較好的中性土壤中，膠質物大半都附着於較為粗大的非膠質的土粒表面，或者是膠體粒與膠體粒互相結合而成為團粒狀態，至於酸性土中的腐植質，則

最易變成爲游離性的形態，而隨水流失，粘土在吸收了大量的水分的時候，即能夠膨脹而增大其體積，乾燥時又能夠隨之而收縮與龜裂，這些現象也都由於膠體物質之作用的影響，據 Schloring 之研究，土壤含腐植酸鈣達百分之一時，其粘着力便可較粘重土增強至 11%。

第二節 土壤質吸收力

土壤膠粒體的表面，呈陰電性，所以能吸收陽電離子，這是因爲了腐植質和粘土部份的複合作用，所以名之爲吸收複合體，普通粘土中的膠質物最多，所以其吸收磷質和其他肥料的能力也最大，沙土中的膠質物最少，所以其吸收的力量也最小，膠質體能使土壤有強大的吸收力，以吸收水分，氣體和溶液中的膠質，乾燥的土壤在濕潤空氣中，對於水分的吸收力量也常以膠質物的含量多寡爲轉移。

土壤中的膠質物，多半都喜歡吸收鹽基性的物質，而不喜歡吸收酸性物質，所以在施用硫酸銨於土中的時候，土壤多半都只能吸收銨分以供給植物需用，而遺留酸根於土中，因此，在施用硫酸銨較久的，地方的土壤中，常常能發生酸性的反應，膠質物並且能促土壤中化學反應的速度，在土粒細而空隙小的土壤中，膠質物則更能阻止空氣與微管水的流動。

沙土的土質輕而且鬆，可以因膠質凝結的力量而結合

各單粒土粒以成爲良好之團粒組織，俾使土壤中的養分得以保持，而適於植物的生長，因爲了膠質物的影響，土壤中的水分蒸發至某種程度時，即可以逐漸減少其蒸發量，而在過濕了的土壤中，則蒸發損失量，且多能適合於擴散定律。

第三節 土壤溶液

土壤之具有吸收力量者，可以保持養分，不致流失，以供給其所生植物之取用，而且土壤之溶液中，也必須要有一定的濃度，才能夠適合於植物的攝取，所以須要有土壤的吸收能力而予以調節，普通在施用了肥料以後，如果是土壤中沒有吸收作用，以保存其所施養分之效力，則肥料的有效成分，常容易遭受雨水的流失，而且植物的根部在土壤溶液過濃的時候，也常能妨礙其生長而不能爲正長之發育。

物質的最小單位爲原子或分子，如果某一物質能在液體中分散至原子的程度時，則成爲真溶液，倘使其分散於液體中時，每一單位皆大於一原子或一分子，即成爲膠體溶液，糖與水分化合後可成爲真溶液，澱粉與水混合後，則成爲膠體溶液，如果把這兩種液體的混合液置之於半透膜中，則真溶液可以由膜內滲出膜外，而膠體液則不能滲出，真溶液可以使水之冰點降低，沸點升高，滲透壓力增加，而膠體液則皆不爲。

溶液之濃度愈小，則對於鉀的吸收能力愈大，此外如溶液之總量，與接觸時之溫度等，對於土壤之吸收力也有關係，土壤吸收氣體，液體，或液體中之鹽類時，不論在任何情形之下，都依照着時間和土壤之物理的性質而決定其吸收能力之大小，更因為粘土中都含有多量的膠質物，所以其吸收的能力，亦遠較沙土為大，而肥料之有效成分也較易於保持。

第四節 土壤的選擇吸收

土壤之吸收性小者，其養分之含有量必少，即使是多施肥料，也依然是很易流失，這種土性，一般的都很瘠薄，土壤吸收複合體，對於各種離子具有不等的吸收力，其吸收陽電離子之力為 $H > Ca > Mg > K > Na$ 而陰電離子 NO_3^- Cl^- SO_4^{2-} HCO_3^- 及 $OOC \cdot CH_3^-$ 等則皆不能為土壤吸收，而只能隨水流失，土壤吸收之物質為分子時，稱為分子吸收，如顏料、氣體、及氫氧化物，被吸收時的分子都完全圍結如初，土壤吸收之物質為離子時，則稱為離子吸收，如硝酸鉀分離為 K^+ 與 NO_3^- 的時候，土壤即只把 K^+ 離子吸收，而遺留 NO_3^- 離子於土中。

土壤中的陰陽離子，彼此都獨立存在，而保持其原有的平衡時，則各自也都保持其膠質物所原有的性狀，反之，如果要失去了彼此之間的平衡，馬上就發生了沉澱作用，土壤雖然通常都吸收鹽基物，而遺留殘根於土中，但

如果要加入硝酸鈉於鹼性土中，則土壤又能夠吸收硝酸根而遺留鈉分於土中，此種鈉分，且更能與水化合而成鹼鹽（ NaOH ）。

土壤成分為鹽基性的時候，則吸收酸性氣體，土壤成分為酸性的時候，則吸收鹽基性氣體，都稱為化學的吸收，至於物理的吸收，則為土壤成分之表面附着的氣體物，各種土壤皆能發生，土壤最能吸收碳酸氣，而土壤成分中的氫氧化鐵，則最能吸收氮氣。

第五節 土中離子的換置作用

土壤吸收各種鹽基物的能力，皆由於土壤成分中之陽離子與溶液成分之陽離子起化學交換分解而成，土壤中的成分多時，即變為溶液成分，溶液成分多時，又變為土壤成分，普通二價的鈣鎂之交換力，常強於一價的鉀鈉，而且是鈣較易於鎂，鉀較易於鈉，肥沃之土壤，其所含的可交換鹽基，以鈣為主，鎂次之，而鉀鈉則又次之。

土壤中之石英，與長石中之矽酸鹽類，都沒有吸收磷酸的能力，而普通的土壤，經過了鹽酸的浸洗以後，也就沒有了吸收能力，土壤吸收力之大小，一般均與溶液的濃度成比例，濃度厚，則吸收量大，濃度相等時，則溶液量多者之吸收量亦大，稀薄之溶液通過土壤時，被吸收的鹽類，常較濃厚溶液之比率為高，但其總量却反而是減少，而且各種土壤對於同一鹽類的吸收量也不是完全相同，某

種土壤對於鉀分之吸收量大者，對於氮及磷酸之吸收量則或能較弱。

第十三章 土壤化學成分及土壤溶液

第一節 土壤中的植物養料

土壤中含有各種的養分，以供給植物之生長，其中的含有量雖然是各自不同，而較爲植物所需土中且又先告缺乏者，第一爲氮，第二爲磷，第三爲鉀，其他各元素則比較不如此三者之重要，而且也不十分感到缺乏，地力之強弱雖與土壤中所有的植物養料之分量有限，但卻也不能只依着化學分析的結果以爲定，北方高地雨水稀少，土壤中的肥分大多數都不至於流失，所以其養分常能較南方約多雨之處爲多，但一般植物則因爲天氣較寒而水分亦較少，生長狀態乃不如南方植物之活潑。

易溶於水中和土壤溶液中的植物養分，植物根也都很容易吸收利用，如氮之硝酸鹽，磷質之磷酸鈣，稱之爲有效肥料，不易溶解於水中或土壤溶液中的植物養分，植物根不能夠直接去吸收同化，稱之爲貯備養料，或儲藏養料，植物生理學者都發現，植物的根部能分泌碳酸和有機酸，以溶解土中的礦物而吸收之，作爲食料，英國的Dyer爲了檢查植物根之酸度而採用百分之一的檸檬酸以檢查磷酸和鉀素的有效量。

第二節 氮素

根據 Hopkin 的試驗結果，每一英畝的深耕土壤中，最少含有氮素一千四百四十磅，最多者則竟可達三萬四千八百八十磅，普通在四十英寸以上之土層中，含量最多，但在二十英寸以下者除非能加以適當的管理，植物都不容易利用，土壤中所含有的氮素全量，大約為 0.05% 其中有機氮化合物如蛋白質之類為最多，約佔氮素成分中的 90%，其餘則多為有機氮化合物的分解生成物，如 NH_3 、 NO_2 及 NO_3 等。

氮化物為土壤中最不固定之物質，以鹽化作用和硝化作用為由有機氮化物變為植物養料的主要過程。氮素過多，則植物之葉大而呈黑綠色，葉質柔軟，葉面皺縮，因之而受病蟲之害，再少時則能延遲成熟期，莖稈亦多軟嫩而不能直立，炭水化物之組成量亦隨之而加多。

第三節 磷質

濕潤而深耕的土壤，一英畝中含有磷酸約三千磅，為禾谷類植物所最需要的養料，有機磷酸化合物，植物不能直接吸收，而必需要先變為無機性，然後才能利用，常常看見土壤在化學分析的時候磷分很多，但植物生長其間時，却仍有缺乏磷質的現象，這就是因的了土壤中雖有磷質

，而不能溶解適用的關係，在一般土壤中，含有磷酸的0.15—0.2% 而此種磷素化合物又分成爲有機質和無機質兩種，前者爲含磷蛋白質之類，其分解條件與普通的蛋白質相似，而後者則爲種類很多的磷酸鹽。

在粘土中植物根部不易發達，如果栽培薯卜，馬鈴薯，芋頭等，而又磷肥不足時，則其根部不能膨大，禾谷類如磷肥不足時，則鬚根變粗，分量減少，葉色也變成爲不正狀態，此外，磷肥還能夠促成作物之早熟，並增加種子顆粒的比重，但假使施用過多，成熟太早，反而減低作物的生產量，所以經營農業者對於此種情形也應該要予以注意，用缺磷田中所生長的植物以爲飼料，所飼養的畜類常能發生軟骨病，而且患病家畜在患病期中多喜歡覓食動物的骸骨，以進行補償作用。

第四節 鉀

粘土一英畝中，含有鉀素約三萬磅左右，而且心土中的鉀素含有量一般都較表土爲多，其百分比爲1.75—2%，大部分皆爲不可給態，必須有機物分解時產生酸類，才可以促使其溶解，在施用食鹽的時候，也可以發生代換作用，這種土壤中的不可給態之鉀，多爲雲母和長石等礦物，在風化不良的時候，常成爲粗大的顆粒。

在植物生長之際，鉀素多存在於有生長機能的芽和葉中，迨及成熟，則果樹類大多轉入果實中，豆類和禾谷類

則仍存於枝葉裏面，鉀素都能促進葉部的工作效率，增大莖類根部之發達，促進水分的吸收，而且能中和植物在同化作用中所生成的蔞酸等以免毒害，並且能增進蔬果之品質、所以在鉀素缺乏的時候，植物不僅是枝葉矮小，而且是不能成熟、一般大麥種子之顆粒，常與鉀肥的多寡成比例據 Bone Vitz W. 證明，普通農家所施用的鉀肥中植物可吸收 90% 以上。

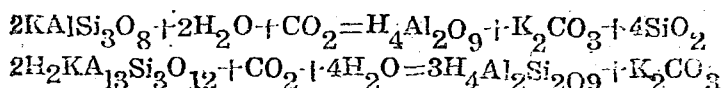
第五節 鈣

土壤中之化學成分，除氮磷鉀三要素外，石灰的作用也很重要，所以 Geoges Vill 在 1867 年至 1874 年間提出了肥料四要素之稱，然石灰在土壤中之地位雖如此重要，但倘使用量不當，其結果亦常至發生為害作用，所以西洋人常常說「石灰可使父富而子貧」，或「施用石灰可致亡國」，等等，石灰能使細小的土粒互相團結，以造成團粒組織，並且能抵抗因有機物分解及礦物質溶解時所產生的有毒物質，生石灰 (CaO) 係由石灰石燒煉而成，其進行之狀況為 $\text{CaO}_3 - \text{CO}_2 = \text{CaO}$ ，能中和一切酸性，加水後即成為熟石灰，其變化為 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

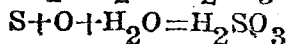
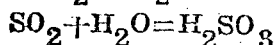
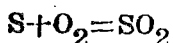
凡含有鈣分之化合物，如石膏 ($\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 磷酸鈣 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_3$) 矽酸鈣 (CaSiO_4) 皆稱石灰，甚至有人把能改良土中酸性之 MgO ，及 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 與 MgCO_3 也都稱之為石灰者。

第六節 炭與硫

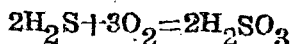
凡有機物皆含有炭素物質，所以土壤中的有機物經過了化學分解以後，便能有多量的炭水化合物產生，以作為植物之養料，而且此種炭素又多由植物而來，此外在雨水降落時也常能帶有二養化炭以透入土中，二養化炭為組成空氣的成分之一，由於有機物的腐爛和燃燒以及動植物之呼吸等部能產生，而且能與水化合以增加其溶解力，一與其他之礦物質相遇，便發生分解作用，



苜蓿，蘿卜和甜菜等，須硫之量較磷為多，沒有硫則常至不能生長，但土壤中之硫，必定要先與酸類化合，成為 CaSO_4 Na_2SO_4 或 K_2SO_4 等，植物才能夠利用，土壤中之硫與養化合，即變成為二氧化硫，再與水化合，又變成為亞硫酸，其進程序為：

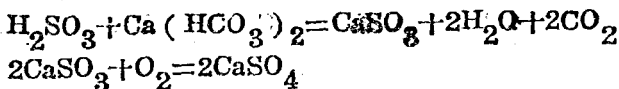


如果土壤中含有硫化氫時，經氧化作用之後，也可以變為亞硫酸。



亞硫酸與碳酸鈣化合，再經過養化作用後，又能變成

為硫酸鈣。



第七節 土壤溶液與植物養料

植物吸收養料，不能取之於固體，所以無論是土壤中的無機物或有機物，都必須要先溶解成液體，植物才能夠吸收，而溶液成分與濃度，又存在都能予植物以影響，所謂土壤溶液，是以毛細管水為主而形成，普通皆溶有多量的碳酸氣和少許之膠體物質，在雨水較多的地方，溶液多為酸性，在乾旱之地則為鹼性，據 Morgan 之研究，乾燥土壤的溶液中，鉀的含有量約為百萬分之 17—586，磷酸的含有量約為百萬分的 3—25，鈣的含有量約為百萬分的 18—3671，鎂的含有量約為百萬分的 60—2053。

土壤溶液中的鹽基性成分，以 K^+ Ca^{++} Fe^{++} Mg^{++} Al^{+++} Na^+ 及 NH_4^+ 等陽性離子為最普通，而酸性成分中則以 SiO_4^{--} PO_4^{--} CO_3^{--} Cl^- (鹽酸) SO_4^{--} NO_3^- 等陰性離子最普通，土壤中的各種成分，在水溶液中都可以電解而成離子，凡鹽類溶液中所有的離子，加之以不同離子的第二電解物，即可以增加電解物之溶解度，加以相同離子，則又能減少電解物之溶解度。

矽酸石灰 CaSiO_3 可電解為 $\text{CaSiO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{++} + \text{SiO}_3^{--}$
 硝酸鉀 KNO_3 可電解為 $\text{KNO}_3 \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$

如果於矽酸石灰之稀溶液中，加入硝酸鉀之電解物，則此種溶液中便可能存有 CaSiO_3 ， KNO_3 和 Ca^+ 、 K^+ 、 SiO_3^- 、 NO_3^- 等各種成分。

硝酸石灰 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 可電解為 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^+ + 2\text{NO}_3^-$ 。如果於硝酸石灰之稀溶液中加以矽酸石灰，則水中之鈣離子，將因其含量過多而與矽酸離子結合，變成 $\text{Ca}^+ + \text{SiO}_3^- = \text{CaSiO}_3$ 固體，而與溶液分離。

土壤溶液中之離子 NO_3^- 及 Cl^- 等，對於植物不能吸收，而於土壤水分甚高時，則常能與鈣質相伴而流失。

第十四章 土壤酸性及石灰需要量

第一節 酸性土的測定法

多雨之區的土壤中，常含有大量的酸基存在，或者能致令鹽基缺乏，這由於鹽基物既易流失，而又為植物所需要的關係，施用硫酸於土壤中以防除病害時也很容易促使土壤發生酸性， $(-SO_3 + H_2O = H_2SO_4)$ 在酸性的土壤中，常常有曾施以大量的肥料而不見效果的現象，所以中國農民常名之為酸性土或者是慢性土，而認其為不宜於耕作，據 Charles F. Shaw 的研究，淮河以北多為聚鈣土，淮河以南多為聚鐵土，而聚鐵土壤中則皆有發生酸性反應之可能。

土壤中所含有的可交換鹽基，大部分為鈣，鎂，鈉，鉀等原素，而在中和性的土壤中，鈣約佔有可交換鹽基的 80%，凡土壤之吸收力全被 Ca^{++} Mg^{++} K^+ Na^+ 等滿足者，多半呈中性或鹽基性的反應，而特稱為飽和土壤，如金屬離子被水洗去，而加入 H^+ 離子時，則土壤變為酸性，而且 H^+ 愈多，酸性愈強，所以一般土壤酸度之強弱，通常皆以氫離子濃度表示之，在 PH7 時為中性，較大則為鹼性，最高可達 PH9-10，較小則為酸性，最強可達 PH3.5-4。

測定土壤酸度的方法，是先將土壤放於盤內，加水少

鮮，使之飽和，然後再把試紙放入土內，如果是藍色試紙能因此而變為紅色時，即可為土壤酸性之證明，而且由其變色的遲速和輕重就可以判定土壤酸性之強弱，如果這供試土壤是鹽基物缺乏，而又並沒有含有大量的酸基時，則常能不起反應，則可以略加硝酸鉀溶液少許，充分攪拌再行試驗，也能把藍色試紙變成紅色，否則鉀分不被吸收，試紙不至變色。

第二節 土壤酸性之影響

酸土能使植物所需之可給態的養分缺乏，對於蔬菜作物更能增加其病害，但雜草的耐酸力較強，愈是酸土却愈容易繁殖，至於農用植物中，雖然也有一部分特別的適宜於酸性土壤，然大多數則皆不宜，而且其不宜之程度也因植物之種類而各異。

農作物	最適宜之 PH
小麥	6.5—7.5
水稻	5.5—6.5
甘蔗	7.0—7.5
馬鈴薯	5.0—6.0
甜菜	7.0—7.8
棉花	6.0—7.5

土壤中的磷酸鈣，本極適宜於植物之吸收，但如果發酸時，則土壤中之鐵與鋁的濃度增加，而且與磷酸化

合以生成不易溶解的磷酸鐵和磷酸鋁，致使植物不能吸收，一般土壤中不能溶解之酸物增多時，則能吸收鈣鎂鉀等鹽基性原素而成中和性，而且土壤中的微生物也常能受其障礙，但鐵、鋁、錳、鈷、銅、鉛等都因此酸物之刺激而相對的增加。

第三節 石灰之作用

要想改良酸土，則必須要增加土壤中的鹽基物，鈣、鉀、鎂、鈉、等雖然是都可有效，但鈉在土壤中容易發生有害化合物，鎂如過多也有毒性，鉀雖無毒而價值太貴，只有鈣分別最為相宜，此外如少施酸性肥料，栽植耐酸作物或減少鹽基物之流失等，也可以達成同樣的目的，粘土如缺乏石灰，則容易凝結成塊，而破壞其團粒組織，沙土如缺乏石灰，則土粒易被強風所吹失，而且使保水力減低，易受旱害，Loew 氏認為土壤中的可給態石灰與苦土成一定的比律，則能使植物之生長茂盛，普通禾本科為 1:1，甘藍洋蔥為 2:1（石灰 2: 苦土 1）豆類和桑等為 3:1，甚至有 4:1 或 7:1 者。

石灰對氮化細菌，硝酸細菌和根瘤細菌都很有利，而且可以做苜蓿和其他數種豆科植物的直接養料，並能補助植物細胞膜的生長發育，以增進植物對於澱粉之運輸，此外，石灰還有毒殺病菌的效力，所以對於十字花科的瘤根病，馬鈴薯的茄皮病都能防除，而且還能夠減少雜草的生

長、波羅和青北羽扇豆等，常能因施用石灰過多，而致土壤中鐵質減少，發生病害，但假如土壤中的石灰過少，則土壤中之鐵質和鋁質因之而比例的增多，植物吸收了此等過多的原素之後，也常能因之而致病。

第四節 土壤酸度與植物生長

石灰雖然是有利於土壤中的各種微生物之發育，但如果分解過盛，則有機物易感缺乏，而且能促使有效氮素超過於植物所能吸收的分量而流失，或者與粘土化合而共同沉澱，常此以往，心土中便發生了硬化的現象，在濕地和施用綠肥廐肥的時候，須用石灰，普通一市畝每年約為二百斤左右，而且以入土 3—5 寸為宜，尤須充分拌和，種豆科植物及玉蜀黍燕麥的時候，也須要施用石灰，苜蓿金花菜等在施用石灰以後，即可增加產量，大豆豌豆和蠶豆等，施用石灰後雖然也能夠增加產量，但數目不多，豇豆則即使是施用石灰，產量也不增加，蘿卜、甘藍、菜花等皆喜石灰，而茄子西瓜等則不喜石灰。

要想使植物得完善的發育，則必須要先知道其本身所須要之石灰的數量，而特別注意其採用之是否容易與速率的大小，所以第一須化驗植物本體中的石灰成分，第二須觀察植物製成一單位重量之物質時候的速率，一般植物根部之擴張的面積愈大、愈深則其採用石灰的能力也愈大，所以根部短弱的植物，不能生長於瘠土，根內的酸性程

度愈高，則其吸收養分的能力也愈強，所以蕎麥之根，雖不擴張，却依然能生於瘠土，根部的新陳代謝愈活潑，新生之鬚根愈多，則其吸收養分的力量也愈大。Morgan 把各種農作物按照其抗酸的程度而別為四類，第一類為 PH2.6—7.6 者，有紫苜蓿、甜菜、菜花、芹菜、洋葱、豌豆、甜三葉草等；第二類為 PH5—7.2 者，有大麥、薺菜、紅三葉草、茄子、黃瓜、南瓜等；第三類為 PH5—5.6 者，有豆類、胡蘿卜、瑞士三葉草、玉蜀黍、大豆、小麥等；第四類為 PH4.6—5.4 者，有黑麥、馬鈴薯、番薯、西瓜等。

第十五章 鹼性土及其改良

第一節 鹼性土之生成

土壤中含有大量之可溶性的鹼性鹽類時，此類土壤便一定呈鹼性的反應，而稱之為鹼性土，沿海各地因為了海水的作用，北部一帶則因為了氣候乾燥雨水稀少等影響而生積很多，高地土壤中的鹼質成分也常隨流水而集於低處，以造成鹼堆，一般河水的含鹽成分以春天為最高，夏天和秋天為較低，且水愈大而鹽愈少，愈至下流鹽愈多，在土壤中如果是鈉鹽聚集過量，則粘土中的代換性鹽基必定是以鈉為主體，遇水即發生加水分解作用，而成為氫氧化物，使土壤呈現為鹼性反應。

土壤中含有氯化鈉，氯化鉀或硫酸鈉者，為白鹼土，含碳酸鈉和過碳酸鈉者，為黑鹼土，碳酸鈉雖原來本為白色，但因為有機物的分解，所以又變成了黑色，如果黑鹼土中有由氯化鈉或硝酸鈉而成者，則土壤皆呈棕色，但假如這種土壤也變成了黑色的時候，則其為害的程度竟能比黑鹼土為更甚，白鹼在夏秋多雨之際，構造都很疏鬆，外表看來雖類似肥沃土壤，但植物生長却並不茂盛，冬天風大無雨的時候，則結構不緊者很易被風吹起，所以我國在蘭海鐵路以北的任何地方，冬春之間晴朗天氣時桌上都常常落有一層類似細沙，而體質極輕的塵土，至於其中所含

有的鹼質成分又常於春乾時因毛細管作用而移至土面。

黑鹼土結構堅實，不滲水分，剖面中有柱形構造，或者且竟能結成硬磐，鹽分則常聚集於下層，而且能致令使土層硬化。

第二節 土中鹼分與植物生長

同一分量之鹼質，在水分較多的土壤中為害較輕，所以某種鹽分約達百分之一時，在粘土中無大關係，而在沙土中則頗受影響，黃河流域的雨季大半都在七八月間，也為是植物生長的最盛期中，所以土壤溶液不太濃厚，而夏季作物受害較少，但因為冬季乾燥，水分蒸發，而常能留下鹼質，所以表土中便常有較多之鹽類，在土壤中鹼分過高的時候，常能使植物根部的滲透壓力變更，使液體質發生收縮現象，植物遂因之而枯死，施用足量之肥料時，也常能發生與此相似的事實。

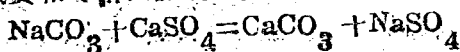
鹼質在千分之二以下的時候，各種植物都能生長，但如果超過千分之二以上，則麥和棉花等不能生長，再多，則就連普通作物也很難生長，而且淺根類和幼小的植物耐鹼性弱，鹼質且常能阻止種子的發芽，據 Daug 的報告，美國加州有 196 種植物僅能生長於鹽鹼土中，Harter 證明，生長於鹽質溶液中的麥類，葉面常有鹽質，葉皮細胞縮小，而且其細胞膜加厚，這都是減低蒸發的特徵。

鹼質能阻止植物吸收水分，甚且能造成反滲透現象。

把植物細胞內的水分吸出，所以植物之根冠一遇鹼液即被毒死。

第三節 鹼土之改良

我國黃河流域和蒙古一帶，隨處都有些已墾或未墾的鹼土，而普通良田也仍有隨時發生鹼性的可能，遇到這種情形，便可於土壤中埋設暗溝，裝置水管，然後再灌水浸地，使灌溉水帶挾帶鹼質而由管內排出，反復數次，土性即可改良，在土壤濕潤的時候施用石膏，常能使黑色鹼土變為白色，碳酸鹽變為硫酸鹽，如仍行暗溝灌溉，則可使土壤鬆散，排水佳良，而且因為了硫酸鹽的沉澱，又能夠減少有機質和可溶性硫酸之流失。



在小農經營的地方，更可於播種前灌水浸地，俟鹼質隨微管水上升而達地面時，將其剷除，在地面較平而又略為傾斜的地方，可以用水把鹼質沖去，如係黑鹼土，則更宜先施石膏，以保存有用鹽基質不被沖失，在鹼質較少的地方，則可以防止蒸發，而減少土中鹼性之上升，或者用深耕的方法，而把上層的鹼土，埋入地下，久種苜蓿高粱等拔鹼作物，也可以逐漸改良，高粱有極強之抗鹼力，而且又不怕水淹，蔗不僅能生長於鹽鹼土中，而且可以吸收其大量成分，收穫後取稈以為燃料，即可以減少土壤中的鹼質含量，以代替沖洗工作。

中華民國三十五年五月出版

土壤學提要

每冊實售國幣七百元

函購另加航郵一百元
平郵五十元

編著者 尹吉三

印刷者 重慶南岸前壩
民生公司印刷

發行者 重慶南岸備材農業專科學校內
農業技術出版社

2 4 0