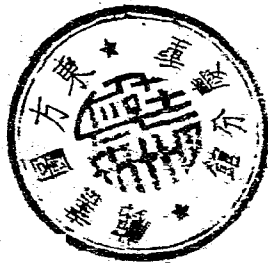


農學小叢書

土地改良法

萬國鼎編著



商務印書館發行

MS
S116
F

萬國鼎編著

農學
小叢書
土地改良法

商務印書館發行



3 2285 7679 3

序

我國自從清末辦理農業教育以來，已經二三十年了。但是至今科學的農業出版物，依然很幼稚。土壤學是農業的基本科學之一，竟找不出一本有價值的書。五年前，因為正在商務印書館充當農業書籍編輯員，目覩着這種情形，很想借助外國書，編一本詳備的土壤學。當時的確也曾着手計劃，並且寫了一些。但是終於爲着別事忙碌，無暇及此，沒有編成。近幾年，我的職務變更了，這計劃也早已連帶着拋棄了。

今年春天，王雲五先生寫信來叫我編一本土地改良法。雖則此刻我的治學興趣不在這方面，但是盛情不可却，因此勉力編成這本書。

本書是農學小叢書之一，當然說不上詳備，不是我的從前的計劃，但是比現在坊間已出版的土壤學書籍，似乎還詳細一些。編次和取材，也沒有敢襲前人的窠臼。不過抱歉得很，我對於土壤學雖然認識了一些門徑，究竟沒有專門的研究。這次倉卒編書，不免草率。不對或不合宜的地方，是要

土地改良法

請求 大雅指正的。

中華民國十七年七月二十六日武進萬國鼎識於金陵大學

目錄

第一章	導言	一
第二章	土壤的由來	五
第三章	土壤的成分	一一
第四章	土壤的性質	二四
第五章	土中的水和空氣	四二
第六章	土中的生物	五二
第七章	肥瘠概論	六〇
第八章	改良的方法上	六六
第九章	改良的方法中	七九
第十章	改良的方法下	九〇

土地改良法

第一章 導言

(一)生產的要素 一切生產事業，不論農工商礦，都要具有三種要素，缺一不可。這三種要素是土地、資本和勞力。後兩種不在本書範圍，不去論牠。單就土地講，工廠要有廠基，商店要有店址，開礦要有礦地；但是在農業上，土地更加重要。廠基、店址、礦地等所用土地的面積較少，農業所需要的土地，不知要廣大了多少倍。工商所用的土地，祇要地點合宜，其餘都是小問題；如果嫌牠卑濕，不難用人力填高，如果嫌牠不平，不難用人力耙平。但是一到農業上，因為需用的土地極廣，這問題就沒有這樣容易解決了。況且在農業上，不但地點和地勢是很重要的，還要土壤肥美。如果是不毛之地，縱然地點極宜，地勢極好，仍舊是沒有用的。

(二)土地和國家 有土地，有人民，有主權，纔能夠組成一個獨立的國家。如果沒有土地，根本就不能有國家。就另一方面講，農業是衣食的來源，工商的基本。在太平的時候，可以靠着工商立國，用自己的工藝品，交換別國的糧食和原料。但是如果遇着國際戰爭，國外的來源斷絕，那就非常危險了。所以農業的盛衰，和一國人民的生命及安全是極有關係的。農業盛衰的原因雖多，土地的大小優劣，是根本問題之一。的確的，土地實在是立國的根本，是國家的最大財源。

土地和國計民生的關係，既然如此密切，那末我們應當怎樣處置土地，利用土地，實在是一個極重大的問題。國家應當採用怎樣的土地政策？土地國有呢？鄉村共有呢？或人民私有呢？獎勵采地制呢？地主制呢？大墾殖地呢？或平常自作農呢？一個農家應當有多少土地呢？田賦應當怎樣徵收呢？我國現在的四散零星的農田，是否合宜呢？還是應當整理成整塊的農場？這些都是緊要問題，但是不在本書範圍。本書所要討論的，是屬於農業的技術方面的，要研究土地的本身，應當怎樣管理，怎樣改良，總合於動植物的生產。

(三)土壤和植物 動植物的生長，常受兩種勢力的支配。那兩種？即遺傳和環境。燕青和蠶臺

的種子，外觀相同，若是共同種在一地，一個長成蕪菁，一個長成莖臺。有稻兩種，共同栽在一塊田內，用同樣的管理，但是一種的產量，會倍於別一種。有兩條牛，共同畜養在一個牧場，一頭長成肥重的肉牛，一頭長成瘦削而善於產乳的乳牛。爲什麼原因？這是因爲從祖先遺傳下來的性質不同。有兩個農夫，從同一桶內取麥種去栽種，等到收穫的時候，這一個所得的收穫量，會倍於那一個。一頭乳牛，換一個主人時，產乳量會比從前增加一倍。爲什麼原因？這是因爲麥和牛所遇的環境不同。所以農人如果要得着好結果，就須注意這兩個問題。而農業上關於生產動植物的一切工作，也差不多可以歸納到這兩種範圍，不是爲着改變動植物的遺傳，就是爲着改變動植物所處的環境。

植物生長的要素，可以分做外部的和內部的兩類。內部的依賴植物自己的生活機能。外部的依賴環境：在尋常情形下，是立脚地、空氣、熱、日光、水分、和養料等六種。植物普通生根於地。葉受日光並有一定的溫度，纔能生長。空氣是呼吸作用所必需的，還供給炭素。日光，是光合作用所必需的。水能溶化土壤中的養料，輸送養料，供給氫、氧二元素，保持植物細胞在膨脹情形中，並且能夠藉葉面的蒸發去調節溫度。養料是組成植物體的原料。上述六種中，土壤供給立脚地和養料，還供給水分。

空氣、和溫熱的一部分。所以土壤的性質、和植物生長的關係極大。動物雖然也有藉着吃動物而生存的，但是牠的食物，都直接或間接來自植物。所以一地土壤的優劣，不但影響植物，並且影響到動物。

(四)土地和土壤 土地和土壤，似乎是相同的名詞，但是細加辨別，頗有判然的不同。土地普通指地殼的露出部分，和海洋等對待。換一句話說，凡是陸地，都可稱做土地。土壤是地殼表面的一層，供給植物的立脚地和養料的。岩石地可以稱做土地，但是不能稱做土壤。土壤是敷成土地的材料，但是土地不一定是由土壤做成的。就另一方面講，土地是偏重於地面的量的一方面的，土壤是偏重於質的一方面的。

農業上需要可以耕種的土地。可以耕種的土地，必須是土壤。所以在農業上說土地改良法，等於說土壤改良法。至於田制問題或土地政策，前面已經說過，不屬於土地改良法的範圍。我們此處所要研究的，是怎樣使土壤最合宜於植物的生長。要達到這個目的，必須先明瞭土壤的內容。所以下面幾章，先述土壤的由來、性質、成分，以及土中的水、空氣、和生物等，再論土地的改良法。

第二章 土壤的由來

(一)土壤的形成 土壤來自岩石，仍舊還做岩石，牠不過在由這一種岩石變到那一種岩石的過渡時期。這變更從來不會停止。

起初，祇有簡單的下等植物能夠生存在岩石的碎屑上。各種植物相繼的侵入土壤，各從土中取得生存上所必需的礦物質。等到死後，這些植物不但把礦物質還給土壤，並且把在生長時從空氣得來的炭和氮留給土壤，慢慢地，較高等的植物跟隨着侵入土中。等到後來，土中積聚着許多腐植質（腐爛的有機物），並且充滿了無數微生物。這種混合着腐植質和微生物的岩石碎屑，就是我們的衣食所從出的可以耕種的土壤。

(二)岩石的風化 岩石像是非常堅固，但是經歷歲月，漸漸的破碎分解，變成細粒。這種岩石漸漸的分解破碎的作用，叫做風化。風化的主要原因如左：

(甲)空氣 空氣對於岩石的作用，機械的和化學的兩種。風能侵蝕岩石的表面，還能夠吹掉

已破碎的岩石碎屑。空氣中有氮和碳酸氣，能夠把岩石氯化或碳酸化，使岩石的組織變成脆弱，終至破碎。

(乙)水 水在行動的時候，能夠沖刷岩石，使岩石的表面漸漸消失或破碎。水流的速度愈高，所挾的沙泥愈多，破壞的力量愈大。在寒帶地方，水都結成冰，積冰既多，漸向下流，便成冰河。冰本是堅硬的，冰裏還挾着許多碎石，體積又很大，所以破壞岩石的力量，更出於尋常意料之外。水不但有這種機械的破壞力，還能溶解岩石中可溶性物質，或使無水化合物加水分解。若是水內含着碳酸氣，溶解的力量更大。

(丙)溫度 溫度的變化，能使組成岩石的礦石因而膨脹或收縮。漲縮度的大小，因礦石的種類而異。一種岩石內含有數種礦石，所以溫度有變化時，各部的漲縮度不同。因此岩石體的凝集力漸弱，每生裂紋，終至破碎。岩石一有裂紋，空氣和水就能侵入，幫助着破壞。在寒冷的時候，岩石裂紋內的水結成冰，體積膨脹，使裂罅變大，破壞的力量更強，試看缸甕等每因所盛的水結冰而破裂，就可以知道牠的力量了。

(丁)動植物 動植物也幫助着破碎岩石，變作土壤。岩石裂成碎片，最初生長極下等的植物。植物死後，混入土中，增加有機物。等到經過許多年，土中的有機物漸積漸多，漸漸地能夠生長比較高等的植物，變成現在可以耕種的土壤。高等植物的根，能夠伸入微隙，待根長大，因而破裂岩石。根部又能分泌溶解岩石的物質。動物像蚯蚓、鼠類等，穿土成穴，使空氣和水容易流通，因而促進下層的風化。

(三)風化作用所受的各種影響 這是顯而易見的，風化作用是很複雜的，還要受別種事情的影響。其中最重要的，大概要算氣候了。在乾燥地方，機械的風化作用盛行着，產生出來的土壤是粗的。冰凍和融解，熱和冷，風的作用，以及動植物的影響，差不多是唯一的原因。但是在潮濕地方，原因較多，差不多全部都在工作。化學變化隨伴着機械的分裂，產生出來的土壤要更細些。岩石中原有各種礦石，也因為其中有些主要元素的分解，而現出顏色的變化和光澤的損失。所以同樣的岩石，在不同的氣候中，顯出不同的性質。例如花崗石遠比石灰石難於溶化，所以在潮濕地方，化學作用盛行，花崗石顯出遠大於石灰石的抵抗力。但是在乾燥地方，機械作用盛行，尤其是過度的變

化，那末兩者間的比較就不同了。石灰石是全體純一的，不大受溫度的影響；但是花崗石含着幾種不同的礦石，各種的漲縮力不同，必至最後分裂成碎屑。

因為風化作用限於地球的表面，所以岩石的位置，可以定風化的種類和遲速。若是岩石離地面很深，祇能發生加水分解；若是露出地面，就要受着全部的風化作用。若是岩石的碎屑留在表面，就可以保護下面的岩石。

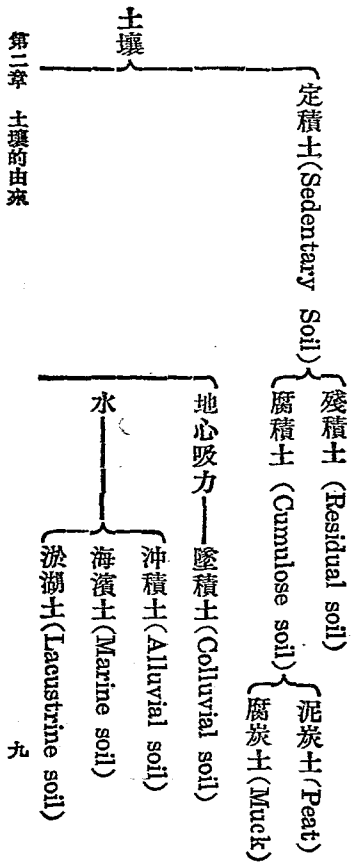
岩石的組織，也足以影響風化的遲速。在別種情形相同時，粗大晶體結成的岩石，比細粒結成的岩石易於風化。因為粒子愈粗，中間的空隙愈大，愈利於機械的作用。機械的作用替化學作用開路，所以粗組織最後又利於化學分解。

末了，風化作用又受岩石所含的礦石成分以及礦石自身的化學成分之影響。沒有多大抵抗力的礦石所組成的岩石，易於風化成土壤。反之，差不多全由富於抵抗力的礦石所組成的岩石，風化得極慢，從不會產生什麼在農業上有價值的土壤。

(四)定積土和運積土 依據生成的情形，可以把土壤大別之為定積土和運積土兩類。定積

土又稱原生土，由地球表面的岩石漸漸風化變成，仍舊留在原地。這種土壤，沒有顯著的土層；土粒大都很細，許多原有的可溶性養料，已經被水溶化漏洩掉；有機物的含量，因當地情形而異。運積土或從山上墜下，或被風、水、或冰河等帶到別處積下，像江河沿岸或河口的沖積土，就是運積土的一種。沖積土有顯著的土層，大都很深，富含養料和有機物。若是排水良好，並能防止水沒，沖積土實在是最肥沃可貴的土壤。

定積土和運積土又可以細分之如左表：





(五)表土和心土 土壤的最上一層，稱做表土。表土的深度，通常到耕的深度，成更深些。表土低下的土壤，稱做心土。心土的深度，沒有一定。心土往往分做上下兩層，上層從表土以下約深三尺。在潮濕的地方，表土和心土的分別很顯明。表土裏積聚的腐植質較多，所以顏色較黑；心土的土壤比表土黏重；心土裏的礦物質成分，也不甚合於作物的需用；有益的微生物，差不多都在表土內。但是在乾燥地方，沒有這樣顯然的分別。心土的低下是岩石。

第三章 土壤的成分

(一) 成分的大概 農業上可以耕種的土壤，是由土粒、水分、空氣、腐爛的有機物、和微生物等五種物質合成的。土粒通常占全重的百分之六十五到九十五，有機物占百分之二到五，其餘大部分是水。

(二) 土粒 土粒是岩石受風化作用破碎而成的碎屑，組成土壤的骨骸，支持植物，涵蓄水分，供給固體養料。

土粒的粗細，大有不同。土粒粗的叫做砂（或稱砂粒），很細的叫做泥（或稱黏粒，按水和土曰泥，然俗語中以砂泥並稱，粗者曰砂，細者曰泥，茲因借用以名土粒中之極細者。）介於砂和泥之間的叫做濘（或稱濘粒，按濘澱也，茲亦借用。）美國農部土壤局對於土粒的粗細，規定名稱和小如左表。

土粒的 名稱	土粒的 大小
細礫	2—7 糎
粗砂	1—0.5
中砂	5—0.25
細砂	25—10
極細砂	10—0.05
滓	0.05—0.005
泥	0.005 以下

一切土壤，大都均含有各種粗細不同的土粒：含砂多的叫做砂土，含泥多的叫做黏土，含滓多的叫做滓土。所含有的各種土粒，給與土壤的性質約相等的（注意！並非各種土粒的分量相等，）叫做壤土。壤土中含砂較多的叫做砂質壤土，含泥較多的叫做黏質壤土。此外還有滓質壤土，礫質壤土，砂質黏土，滓質黏壤土，砂質黏壤土等種種名稱。這種土壤種類的名稱，和前段所說土粒大小的名稱不同。因為土壤不是全由同一大小的土粒組成的，所以必須用一種概括的名詞，不但表示所含土粒的粗細，並且顯出土壤的普通性質。

所含土粒的粗細，影響於土壤的性質極大。土中空氣的流通，水的行動，氫化和加水分解的遲速，以及各種生物的有無盛衰，大部分決之於土粒的粗細。（詳見下幾章）土粒粗細和土壤種類，是一切土壤論究的基本。在無論什麼土壤研究中，都有重要的影響，必須包括在內。所以土粒粗細和土壤種類的名稱，在土壤討論和研究中，不論在實用方面或理論方面，都是常用的名詞。

（三）植物的養料元素 植物生長上必需的養料元素有炭、氫、氧、磷、鈣、鎂、鐵、硫等十種。中缺一，植物就不能生長。氫、矽、鈉等四種元素，也通常含在植物體內，但非必要。此外還偶然含有別種元素。這些養料元素中，炭、氫、氧、四種，直接或間接的來自空氣，其餘來自土壤。若把植物熱到沸點以上一二度，植物體內的水分不久除去，餘留的叫作乾物質。再把乾物質加高熱，一部分燃燒變氣而去，殘留的一部分叫做灰分。灰分裏含有來自土壤的元素。來自空氣的元素已經完全變氣離去。

植物體內所含各元素的多少，大有不同。氫和氫化合成水，組成生存植物的最大部分，像萊菔、西瓜之類，含水百分之九十以上，比牛乳所含的水分還多。穀類的種子，含水很少，但是至少也有百

分之十。氫和氮還化合在別種化合物裏，約占乾物質的百分之四十。炭約占乾物質的百分之五十。氧有時多到百分之四。其餘六種元素，沒有一種有這樣多的。可見來自土壤的養料元素，分量很少。菜蔬約有百分之一來自土壤，玉蜀黍的穀粒約有百分之三來自土壤。

(四)土壤的無機成分 土壤的無機成分，亦稱礦物質，大部分存在土粒裏，極小的一部分溶化在土中水裏。土粒既由岩石破碎而成，那末土粒的成分，當然和岩石的成分是有密切關係的。氮、矽、鋁三種元素，組成岩石成分的百分之八十三。所以岩石中最多的元素，對於植物的滋養是沒有用的。現在分述土中主要的礦物質如左：

鈣在土中的最重要的化合物是碳酸鈣。這是大多數土壤中都含有的，從不到百分之一。直到在有些石灰質土壤內多到百分之五十以上。如果土中的碳酸鈣降到千分之二以下，就不能生產良好的作物；而在大多數情形中，百分之一以上，是認為需要的。碳酸鈣常被作物取用，又被含有二氯化炭（即碳酸氣）的排洩水帶去。土粒越細，碳酸鈣越容易溶化在含有二氯化炭的水裏。至於鈣對於土壤的作用，以後還要細講。（見第八章）

鉀在土中，可溶性和非溶性的化合物都有。土中所含鉀的分量，大有不同，從萬分之一以下起，到百分之三以上，其中祇有一小部分是植物普通能利用的。大抵黏土中含鉀較多，砂土較少。鉀的化合物，即使是能溶化的，也不大會被排洩水帶去。去要的損失，是被植物取用。

鈉在土中的情形，和鉀彷彿，分量普通比鉀少。雖不是植物必需的養料，但是可溶性的鈉化合物，可以使不能用的鉀化合物變為植物能用的化合物；有些鈉化合物有用於硝化作用。碳酸鈉有害於土壤的團粒組織。

鎂在土中的情形很像鈣，但是分量遠少於鈣。能溶化的鎂化合物，若是多到差不多等於鈣的分量，是有害於植物的。硫酸鎂和氯化鎂，即使在比較少量時，也是有害的。對於土壤的作用，和鈣彷彿。土中鎂的損失，遠少於鈣。

鐵在土中的化合物，大都是氯化鐵，氫氯化鐵等。有時產生有害於植物的化合物，這個普通可以施用鈣化合物防止掉。受排洩水溶化帶去或作物用去的損失，比任何別種土中礦物都少。鐵化合物能夠和能溶化的磷酸鹽化合物合成不溶化的磷酸鐵，因此防止磷素被排洩水帶去的損失。

鋁在土中化合物，主要是矽酸鋁、氯化鋁、磷酸鋁等。對於植物生長上的功用，限於牠的對於別種礦物質的作用；例如有些鋁化合物能夠防止有些養料元素被排洩水帶去的損失。

矽在土中的化合物，主要是氯化矽和矽酸鹽，分量遠多於前述任何元素。

磷在土中，比前述任何元素都少。含有磷的總分量，達到萬分之二十五的，已經是很富於磷的土壤了；農用土壤裏的分量，通常是萬分之三到十一，其中祇有一部分是植物能利用的。較細的土壤含磷較多。土中磷素的損失，主要是植物的取用，一小部分被排洩水帶去。

硫在農用土壤中的化合物是硫酸鹽。在大數土壤中的分量，比較的很少；但是若和植物所需用的分量比較，是很多的。

(五) 土中養料的分量 就上節所講的看來，可知礦物質的大部分，並不能滋養植物。即使在極肥的土壤內，氮磷鉀三要素的總分量，通常不到全重百分之一。況且養料必須溶化在水裏，植物纔能吸收，所以能做養料的一部分中，同時也祇有一小部分可以立刻供植物的利用。土壤中養料的分量雖然這樣少，但是拿來和每季作物所需要的養料分量比較，還要加了許多倍。即使瘠土內

的養料，也可以供給作物許多年的需用。大抵農用土壤中所含養料的總分量如左：

百分數

一畝土壤在九吋深的表土內所有的斤數

氮 〇・一〇——〇・三〇——

三一三——九三八斤

磷 〇・〇三——〇・一一

九四——三四四

鉀 〇・八〇——一・六〇

二五〇〇——五〇〇〇

鈣 〇・二〇——一・五〇

六二五——四六八八

每季作物所需要養料的分量大抵如左：

氮 六斤餘到九斤餘

磷 一斤餘到二斤半

鉀 九斤餘到十二斤半

(六) 土中養料的得失 下列各項增加土中的養料(1)施用肥料；(2)雨水和露水中帶來的養料，每年每畝有六兩到二十兩的氮素，普通約八九兩；(3)微生物的變空氣中，游離氮素為可

利用的化合物(4)心土中養料的上升，這是因為下面的三種原因，由於生長深根的作物，由於逐漸增加耕田的深度，以及由於土中水的尋常的上下行動。

下列各項消耗土中的養料：(1)作物的生長和收割，這是最重要的損失；(2)溶化的養料被排洩水帶去；(3)隨着土粒的被水沖去或被風吹去；(4)變做氣體化合物散失到空氣裏去。

(七)土壤的有機成分 土壤裏所含有機物的分量，大有不同。在雨量充足的地方，良好土壤內所含的有機物，少的不到百分之一，多的在百分之五以上，大約平均有百分之二。在酸性而深的腐植土內，有時竟多到百分之八十五。在氣候乾燥的地方，通常不到百分之一，但是腐植質中較富於氮素。

新鮮的有機物中所含的化合物，大抵可以分做三類：(1)無氮的有機化合物，包括炭水化合物、脂肪和蠟質，以及有機酸；(2)含氮的有機化合物，大都是蛋白質；(3)無機化合物。第一種組成土中有機物的大部分。

(八)土中有機物的性質 有機物有活潑和不活潑的分別。當有機物中抵抗力較少的部分

正在分解，把牠自己的養料成分從不溶化的變做能溶化的化合物，並且使土中有些無用性物料變做可用性養料，稱做活潑的有機物。不活潑的有機物，是較活潑的分解時期已過後的殘留部分；對於再生變化的抵抗力非常大，往往要經過許多年纔能夠完全分解。這種不活潑的有機物，雖不是一種速效可用性養料的來源，但是對於土壤的性質是非常有用的。

土中有機物的分解，大別之有兩類：(1) 在空氣多的地方，有機物分解做較簡單的化合物，等到最後差不多完全變做氣體化合物離散掉。當別種情形相同時，溫度越高，有機物的散失越快。(2) 在空氣缺乏的地方，有機物慢慢地，不完全地分解，留下比較的多量沒有完全分解的化合物。氫化合物趨向於變做減少溶化性和可用性。(詳見第六章)

土中有機物分解所生的物質，(1) 富於吸收水分、氣體、和溶液的力量；(2) 富於漲縮力；(3) 有膠黏物質的力量；(4) 重量平均祇有同體積的土中礦物質的一半。

(九) 土中有機物的功用 有機物對於土壤有下列的效用：(1) 增加土壤的蓄水力；(2) 使黏土變鬆，砂土變密；(3) 增加土壤的溫暖，維持較一致的溫度；(4) 使土中無用性的礦物質養料

變做可用性；(5)供給土中的氫素；(6)鼓勵微生物的生長。

有機物也會產生某種有機化合物，有害於所自出的植物和微生物，而對於別種植物或微生物，也許是有害的，或無關係的，或者甚至於有益的。

(10)土中有機物的增減 下列各項，利於土中有機物的積聚：(1)空氣少；(2)溫度低；(3)水分過多；(4)缺少耕耨；(5)缺少微生物；(6)缺少碳酸鈣或別種鹽基性化合物；(7)加入有機物。

下列各項，促進土中有機物的消失：(1)空氣多；(2)溫度高；(在華氏表七十五度以上)；(3)水分適度；(4)耕耨太多；(5)加入微生物，如施用腐熟廐肥等；(6)含有多量碳酸鈣；(7)缺少有機物的供給；(8)夏季荒蕪。

(11)土壤的酸性 含有鹽基性化合物的土壤，纔能夠產生良好的作物。土壤的是否趨向於變做酸性，依賴在下列二事：(1)土中鹽基性化合物的分量；(2)加入土中或產生於土中的酸性化合物的分量。缺乏鹽基性的或能夠中和酸性的化合物的土壤，實際上也可以認做酸性土壤。

土中缺乏鹽基性化合物，有下列的害處：(1) 土中有機物不能分解；(2) 在酸性情形下不能硝化作用；(3) 利用游離氧素的根瘤細菌受着酸性的妨害；(4) 有許多作物不能生在酸性土壤中；(5) 在缺乏鹽基性化合物的土壤中，無用性的養料變做可用性的養料是不可能的；(6) 產生不利於植物生長的土壤的物理性質。

(一) 土中的膠物質 土中的膠物質是極細的土粒。最大的膠粒，估計不到二十萬分之一。一種（一種合營造尺三·一二五分）大都不能用顯微鏡窺見。膠物質和能結晶物質的不同，不是因為牠們是非晶體，牠們可以是非晶體或不是非晶體，也不在化學成分上；祇在粒子的大小上。同一物質，可以不經過化學變化，從膠狀變做非膠狀，或從非膠狀變做膠狀。

膠物質的性質，可以總括之如下：(1) 離則似乎溶化在水裏，並不能成真正的溶液；(2) 不能像溶化物質的能夠滲透半透性薄膜；(3) 對於水的結晶點、蒸氣漲力和蒸氣壓力，很少發生影響；(4) 常在很快的往復運動，即所謂『布朗運動』(Brownian movement)；(5) 加熱或加電解，可以使有些膠物質凝結或沈澱。這些都是和真正溶液不同的地方。(6) 膠物質有強大的吸收

力。

就普通論，當別種情形相同時，土中的膠物質最多，受型性越強，而受型性越強的土壤，普通當乾燥時凝集力也越大。（詳見下章）膠物質的吸收力，對於土壤也非常重要。膠物質不但對於氣體，並且對於水和溶化在水中的物質，都能吸收。對於各種養料的吸收力，並不相同。對於鹽基性物質，如鈣的吸收力特別大，除非土中的膠物質已經吸收滿足，土壤就要趨向於變做缺乏可用性的鹽基，使土壤成爲酸性。

在輕鬆土，膠物質是十分需要的，因爲牠趨向於牽引土粒，促進團粒組織，和防止植物養料的在排洩水中流失。在黏重土，膠物質若是含着太多，對於土壤是不利的，因爲牠增加土壤的受型性和凝集力，或許和作物爭吸養料，以及傾向於使土壤變爲酸性。在土中鈣素很少或缺乏的地方，促進膠物質的產生，使這種不良的情形變本加厲。

就普通論，地下排水的方法，使土壤繼續的變溼變乾，不但防止過分的和不正當的膠質影響，並且鼓勵膠質的正發教育。冬季的冰凍，適當時候的耕作，腐植質的增加，和石灰的施用，都是幫助

着操縱土中膠物質情形的方法。

第三章 土壤的成分

第四章 土壤的性質

(一)土壤的組織 土壤的組織這個名詞，是用來表示土粒的排列的。粒與粒之間有空隙，空隙多的稱做疎組織，空隙少的稱做密組織。就理論講，孔隙可以從差不多等於零起，一直多到百分之七十二。組織的疎密，隨着土粒的大小和排列而定。土粒大的，空隙也大；土粒小的，空隙也小。砂土往往趨向於太疎，黏土趨向於太密。即使同一土壤，組織也因時而異。當耕耙後，組織疎鬆；漸漸地經過雨打風吹，小粒填入大粒間的空隙，日積月累，愈過愈密，甚至於產生結實而不透水的狀態。

就土粒的大小和排列而論，可以把土壤分做兩種，即單粒組織的土壤和團粒組織的土壤。各粒自為單位的，叫做單粒組織。要發生這種情形，土粒必須是大的，所以常見於砂土中。團粒組織是先由許多小土粒結合做一團體，喚做團粒，再由團粒做組成土壤的單位。這種情形，祇發生在細粒的土壤，如壤土、萍土、黏土等，因為大土粒不能牢固地結集成團粒。

土壤的組織，太疎太密都不宜。太疎的，透水太易，容易受着旱災，支持植物體的力量也弱。太密

的，排水不良，空氣難於流通，植物根也不容易蔓延。理想的好組織，可以認為最會發生在壤土中。在土壤裏，有些土粒是大的，自成單位；有些土粒是中等的，趨向於成爲核心，由更小的土粒環繞着結合成團粒。因此，土中有少數大空隙，利於排水；又有無數小空隙，善於蓄水。空氣也因此易於流通。

團粒組織實在是一切良好組織情形的總表示。在黏重土，這種組織尤其重要。至於怎樣促進這種團粒組織，要在後面詳論。（見第十章）

（二）土壤的受型性 任何物質，施以壓力時，可以改變形狀而不破裂，不但當壓力除去時保留這形狀，並且等到乾燥時也仍舊保留這形狀的，是認爲能受型的；這種性質，喚做受型性。受型性的有無強弱，各種物質不同。用數字來表示這種性質的方法，雖有人想出好幾種，但是還沒有一種完善的。

受型的原因，曾經種種推測。在各種已有的理論中，認膠物質的含有是受型的原因的，似乎最近於情理。就普通論，當別種情形相同時，所含的膠物質愈多，受型性愈強。

受型性在土壤的性質上是很重要的，因爲牠使土壤容易變做堅實而不透水。受型性越強，越

容易因為耕作而變做堅實，尤其當含有多量水分的時候。所以黏土當潮濕時，不可耕作。但是砂土即使當水分飽和時也不妨攪動，不致於損害牠的組織，因為牠的受型性是很弱的或沒有的。強於受型性的土壤，當乾燥時，除非成為很完善的團粒組織，還容易變做非常堅硬。因此這種土壤必須當心管理。

最有影響於受型性的有三件事，即土粒的組細，團粒組織，和土中的水分。就普通論，土粒越細，最高的受型性越強。越偏於團粒組織的土壤，受型性越低。關於水分，一種土壤的最高受型性，在含有一定的水分時纔達到。這一定的含水量，介乎兩個限度之間，超過高限度時，土壤就變做流動或膠黏狀態，超過低限度時，土壤就拒絕受型。

(三)土壤的凝集力 土粒互相牽引而集成塊的力量，稱做土壤的凝集力。凝集力和受型性有密切的關係，但是並非相同的。就普通論，土壤的受型性越強，凝集力越大，尤其在乾燥或微濕的時候。因此，凝集力可以當做受型性的一種粗略測驗。

土壤的凝集力發生在兩種普通情形下：(1)當土壤潮濕的時候，凝集力發生於土粒表面的

水層和土中含有的膠物質(2)當土粒乾燥的時候，凝集力有一部分發生於土粒的連結和膠黏性鹽類的沉澱，但是最大的力量發生於膠物質的變乾和繃縮。這是一種普通定理，土中的膠物質越多，凝集力越大。

凝集力在耕作上，和受型性一樣，是很重要的。富於凝集力的土壤，耕時趨向於結塊，而使土壤之物理的性質變劣。所以耕作應當在土中所含水分高於發生最大凝集力的時候。從上面所講的看來，這種危險是雙關的，因為大受型性和大凝集力是倍伴着的，所以耕時太濕，土壤會變堅實，耕時太乾，土壤又會結塊。

下列三項，影響土壤的凝集力：(1)土粒越細，凝集力越大。(2)團粒組織減低凝集力。(3)在黏重土中，水分越少，凝集力越大。這是因為膠物質當乾燥時牽引的力量大增。在輕鬆土，膠物質很少，凝集力主要發生於土粒表面的水層，水層變薄時，牽引的力量增加；但是等到土壤變乾，水層破裂，凝集力就降低了。

(四)土壤的吸收力 土壤有保留容易溶化而流失的養料之性質，這種性質，稱做吸收力。若

把從畜糞濾出的棕色水溶液，濾過不含可溶性鹽基的黏土，濾後差不多變做無色，就是因為溶液中的物質被土壤吸收的原故。土中的可溶性養料，不致遇雨流失，也是因為土壤具有這種性質的原故。

土壤對於各物質吸收的多寡，並不相同。鹽基類容易被土壤吸收；酸類除磷酸和矽酸容易被土壤吸收外，其餘都吸收得很少。就肥料三要素而論，磷和鉀都易被吸收，氫化合物祇有在阿摩尼亞易被吸收，硝酸被吸收得很少。

當土壤從溶液中吸收物質時，不論溶液怎樣稀薄，決不會把溶液中的鹽基完全吸收掉。溶液愈稀，吸收的百分數愈多，但是總分量較少。一種鹽基被吸收時，由土壤放出別種鹽基，和溶液中的酸化合物。例如氫化鉀的淡溶液濾過土壤，在濾液中除仍有些殘留氫化鉀外，還有氫化鈣，或氫化鎂，或氫化鈉，或這幾種氫化合物都有。

不同的土壤，對於相同鹽基的吸收，並不成相同的比例；一種土壤或許對於鉀有較大的吸收力，而別一種土壤或許對於阿摩尼亞有較大的吸收力。吸收作用也不是無限的。一種土壤，對於任

何一種物質，等到已經吸得一定的分量時，就不再吸收。這分量，各種土壤不同，黏土和壤土的吸收力，大於砂土。

土壤吸收力的發生，不是因為任何唯一的原因。乃是爲有幾種不同的原因。現在已經很普通的承認了；有幾種別的原因，曾經論及，也許有一部分作用。主要的原因是：(1)土壤的吸收鹽基，普通認爲大都由土中的泡沸石。這是一種含有鈣或鎂和一種鹼類金屬的含水硅酸鋁，其中的鹼類和鈣或鎂，容易和別種鹽基交換。(2)磷酸的被吸收，由於一切土壤都含有氯化鐵和矽酸鋁，又往往含有碳酸鈣，這些物質和溶液中的磷酸化合，成爲不溶化於水的化合物，因此保留在土壤內。(3)由於土中膠物質的物理的吸着力。如硝酸鹽等，不能爲泡沸石所保留的，這種吸着作用是很重要的。近來對於膠物質的知識進步，發見土壤的吸收力或許大都由於膠物質，而不是因爲泡沸石。(4)由於腐植質的吸收力。

土壤對於水蒸氣和各種氣體的吸收力，隨着土中腐植質的成分和土粒的粗細而定。腐植質越富和土粒越細，那末對於水蒸氣和各種氣體的吸收力越大。對於阿摩尼亞、碳酸氣以及游離的

氫氣和氮氣，都能吸收的。吸收力的大小，和溫度有關係。溫度越高，吸收力越小。

吸收力的大小，有關於土壤的生產力。很輕鬆的砂土，當施用可溶性廐肥時，見效很快，但是牠的效力大都限於一季；而在黏土，見效雖沒有這樣快，但是在施肥後第二年或第三年，顯出遠大於在砂土所生的效力。

土壤雖因吸收力保留着許多養料；但是總有些物質常在排洩水中損失掉。最會損失的，在土壤的鹽基中是鈣、鈉、鎂、和鉀；在酸類中是碳酸、硝酸、硫酸、和鹽酸。而損失最重大的，是硝酸和鈣。若在地面常栽作物，去利用土中不時產的硝酸，可以防止掉一大部分。鈣的損失，不能怎樣完善的防止。唯一的補救方法，祇有施用鈣化合物給土壤。

(五)土壤的黏着力 土壤和農具間所起的分子引力，稱做土壤的黏着力。黏着力隨着土壤的種類，所含水分的多寡，以及農具的重量和所用材料等而異。黏土的黏着力大於砂土。所含水分增加時，黏着力也隨着增加，但是等到飽和水分以後，又漸漸減少。農具越重，黏着力越大。土壤對於木製農具的黏着力，大於鐵製農具。

耕作的難易，隨着凝集力和黏着力的大小而異。凝集力和黏着力越大的土壤，耕作越難。所以砂土比黏土容易耕作。

(六)土壤的比重 土壤的比重有兩種。土粒的重量和同容積水的重量間之比率，稱做絕對比重，一單位容積土壤的重量，和同容積水的重量間之比率，稱做容積比重。前者的容積，是土粒在任意容積內所實際占有的空間，後者包括土粒間的空隙。

在一切實際計算中，平均可耕土壤的絕對比重，可以認為約等於二·七〇。最足以影響土壤的絕對比重的，是土中所含腐植質的多寡。因為腐植質的比重，普通從一·二〇到一·七〇，所以土中所含的腐植質越多，土壤的絕對比重越低，有些腐植質壤土的絕對比重，或許低到二·一〇。雖然如此，在普通計算上，平均可耕的土壤，可以認為約有二·七〇的絕對比重。

礦物質土壤的容積比重，從黏土的一·一〇到一·二〇，多到砂土的一·六五到一·七五。腐植質壤土或許低到一·〇〇，而泥炭土往往低到〇·四〇。容積比重總是基本於真乾土壤的。

(七)土壤的重量 上節所說的，是土壤的比重。欲求土壤的真實重量，當已經知道容積比重

的時候，可以用下面的方法算出來。用六二·四二乘容積比重，即得一立方英尺土壤的磅數，用五四·一七乘容積比重，即得一立方營造尺土壤的斤數。

土壤的重量，各種不同，每立方呎黏土和淬土重六十八到八十磅，砂土重一百到一百十磅。所含的腐植質愈多，那末重量愈輕。泥炭土往往祇有二十五或三十磅。這種重量，自然是對於真乾土壤而言的，並不包括所含的水分。在美國，土壤的重量往往用畝呎來表示，即廣一英畝深一英尺土壤的重量。一英畝呎土壤的重量，通常是三百五十萬到四百萬磅，團粒組織和有機物，頗能影響這磅數。我國對於土壤學的研究尙少，還沒有規定什麼標準。若用營造庫平制的畝尺來計算，那末廣一畝深一尺的土壤，通常約重四十萬到四十六萬斤，即四千到四千六百擔。

爲什麼要知道土壤的重量？因爲藉此可以計算土中水的分量，腐植質的分量，或礦物質的斤數。有了這些報告，使我們可以直接地比較兩種土壤的生產力。

至於農業上普通所稱的土壤輕重，並非土壤的真實輕重，那是指耕作的難易而言的。砂土耕作容易，喚做輕土，黏土耕作較難，喚做重土，實際上剛巧和土壤的真實重量相反。

(八)土壤的空隙 土壤的空隙，是指土粒與土粒間的空隙而言的。當土壤的物理情形最合於植物的生長時，普通規則土粒越細，空隙越多。在尋常土壤中，空隙裏占據着水和空氣。含水量少的時候，空氣所占空間多；水多的時候，空氣就少。計算空隙的方法如左：

$$\text{空隙的百分表} = 100 - \left[\frac{\text{容積比重}}{\text{絕對比重}} \times 100 \right]$$

(九)土壤的顏色 土壤的顏色，長久受着地質學家和農業家的注意，第一因為牠表示土壤的怎樣生成，第二因為牠指示出一些在農業上的價值。土中的顏色物質，可以區別如下：(1)起於礦物質的顏色；(2)所含腐植質的黑色；(3)鐵經氯化而生的紅色或黃色。這三種基本色，可以便利地表示如下：



若是土中所含的腐植質很少，鐵也沒有，或雖有而不會氯化，那末土壤的顏色一定是淡的。海邊的沙就是一個好例子。若是排水良好的土中，含有多量有機物，那末就要現出深黑色，即使含有氯化鐵，也大都被黑色遮蓋掉。若是土中的腐植質很少，或簡直沒有，而鐵又已經

氯化，那末將要現出紅色或黃色。紅色由於三氯化二鐵 (Fe_2O_3)，黃色由於含水的三氯化二鐵 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)。由這三種基本色的調和，生出各種深淺不同的灰色、棕色、和黃色。

黑色產生於有機物的積聚，表示出兩種合宜的情形：(一)氣候鼓勵植物的茂盛；(二)足夠流通空氣，鼓勵有機物的合宜的分解。如果空氣不流通，腐爛的有機物顯出較淡的顏色，或許產生有毒性質，阻止或妨礙植物的生長。所以尋常排水良好的土壤，發生黑色，是一種良好土壤衛生的表現。

黑色的土壤，若是排水良好，氣候合宜，通常是肥沃的土壤。紅色常表示土中的有機物很少或中等；並且表示該土壤生成年代的古遠，養料洩流的機會較多。紅色和黃色相間的土壤，表示排水不良，因為這種情形指明氯化的不平均和不足夠。對於熱的吸收，紅色差不多和黑色一樣的有效。

(二〇)土壤的溫度 約在華氏表四十度以下的溫度，尋常的植物生長差不多停止，種子也不能有正當的發芽。如果活潑的生長不能夠立即開始，那末不宜把種子或植物放入土中。因為有些菌類活潑於低溫度中，或許傷害牠們的生活力，最後致牠們的死命；土中有利的化學作用，當缺

乏熱量時，相當的被阻；重要的生物的活動，當溫度將近華氏表三十二度時，即使不完全停止，也大地受着妨礙。而春夏間土壤的變暖，因為增加土壤成分的溶化度，和鼓勵土中生物的活動，顯著地增加土中的可用性養料。對於土壤的組織，直接影響較少，但是等到冰點時，土壤就因為所含水分的冰凍而破碎。如果時常冰凍和融解，很可以促進土壤的團體組織。溫度的變化，使土中氣體膨脹或收縮，也可以大大地促進氣體的流通。

土壤的熱，直接或間接來自三種來源，即太陽、星和地心的熱。實際上，後兩種極輕微，惟太陽供給一切生長植物所需要的熱和能。土壤取得熱的方法如下：(1)直接的光線輻射，這是最重要的熱的來源；(2)可觀的熱量或許得自地面大氣的輻射和傳導；(3)有些熱量或許隨着雨水帶來；(4)有些熱量從土中有機物在分解時分出來。第一種直接得自太陽，後三種間接得自太陽。

一地土壤的溫度，依賴於各種情形，這些情形互相關連着，有時很難分別考量。為便利計，可以列舉如下：(1)土壤的比熱，(2)吸收，(3)輻射，(4)傳導和對流，(5)水分的蒸發，(6)有機物的腐爛，(7)地面的傾斜度，(8)熱的供給和牠的影響。

土壤的比熱，是一定重量的土壤的溫度，升高攝氏表一度所需要的熱量，和升高同重量水的溫度從攝氏表十九度半到二十度半所需要的熱量間的比率。土粒的大小，對於比熱沒有很大的直接影響，而最有關係的，是土壤的成分。所含的腐植質愈多，土壤的重量比熱愈大。但是在尋常情形下，土中有許多空隙，所以不同的土壤，每一立尺的重量不同。單就基本於重量的比熱，不足以明白地顯出兩種土壤的容熱量之比較。所以不如基本在容積上。在容積的基本上，最有關係的是容積比重。腐植質的增加，趨向於減低土壤的容積比重，因此減低土壤的比熱。這情形恰和對於重量比熱的影響相反。任何工作，減低土壤的容積比重的，可以減低比熱。但是還有一事，比前面所說的兩事更重要，這就是所含的水分。含水愈多，比熱愈高。富於腐植質的土壤，在乾燥時最容易變熱，但是因爲腐植質的吸水力很大，往往含有多量水分，以致非常地阻止溫度的變化。

土壤的熱，大部分得自日光的直接輻射，前面已經說過。如果任何單位面積的地面，能夠把垂直的日光所發的熱量，全部的吸收於深一英尺的土壤內，將要把土壤的溫度，在一小時內，升高華氏表三十度。但是在尋常情形下，並沒有這種情形，而土壤本身的性質，更足以影響所吸收熱量的

多寡。土壤的顏色愈深，反射愈少，吸收熱量愈多。土粒愈粗，或土壤的組織愈疎，越容易吸收熱量。但是土粒和組織，尋常都沒有多大的直接影響，牠們的重要，都在影響含水量的多寡，間接的影響土壤溫度。

土中熱量的主要損失，是由於輻射。土中水分愈多，輻射愈甚。加上水在蒸發和比熱上的影響，所以排水不良的土壤，在春季是冷的。地面有覆蓋物的，不論是天然的或人為的，如虛土、棄稈、落葉、腐肥、雪、生長的植物，以及空中的雲和煙霧，都足以減少土溫的輻射。

熱的傳導和對流，在土溫上是很重要的，下層的土壤，因此纔能夠變熱。當別種情形相同時，土粒越粗，傳熱越快。有機物的成分越多，傳熱越慢。土壤的組織越堅密，傳熱越快。但是最關重要的是，土壤所含的水分，牠的影響或許蓋過上述的三項。含水越多，傳熱越快。不過要記得，水分增高土壤的比熱，常使升高土溫到一定溫度所需要的總熱量加多。所以雖則傳熱的能力不在最高度，亦須維持任何土壤的中庸含水量。況且當含水量少的時候，空氣必多，熱的對流活動着，也可以促進熱的分布。

水的蒸發要消費不少熱量，因此使水變冷，而使緊靠着水的任何物質也變冷。的確的，蒸發對於土壤的影響，除直接輻射的熱量損失外，沒有別的事情能夠比得上牠。任何情形，增加蒸發率的，都能降低土壤表面的溫度。土中水的分量，無疑的和蒸發有密切關係，所以排水良好的土壤表面，可以維持較高的溫度。

有機物當發酵時放出熱，所以在暖室和溫床，使用大宗新鮮畜糞時，所發出的熱量是很顯著的。但是在田間，熱的吸收和輻射很大，而有機物不過占土中的很小一部分；畜糞的施用，和土壤的體積比較，也是很小的，不會發生什麼重要的土溫增加。就現今所知道的而論，有機物對於土壤的最大影響，在於牠的使土壤顏色變黑，和牠的增加土壤的含水量。

當別種情形相同時，地面和太陽熱線成直角的，變熱最快；土壤的傾斜面離直角愈甚的，變熱愈慢。在北半球，夏季熱而冬季冷，又如向南傾斜地的溫度，常高於向北傾斜地，都是因為這種道理。傾斜面往往和作物的土宜有極大的關係。

以上所論的七項，都是屬於土壤本身的關係。現在要論熱的供給及其影響。熱的供給，一年中

的每季、每月、每日、甚至於每時，都有不同，土壤的溫度自然要受着這種影響。所以土溫的時季的變化是很大的。即使在心土，也有這種情形。土壤表面的溫度，似乎差不多隨着空氣溫度一樣的變化。這變動比心土的溫度變動大。大抵表土在春夏比心土熱，在秋冬比心土冷。

(二) 砂土和黏土的比較 上面分論土壤的各種性質，現在再把不同的土壤的性質比較一下。砂土和黏土的性質，恰相反對，壤土介乎兩者之間。砂土和黏土的性質的不同如左：

砂 土

(一) 空氣容易流通。

(二) 水分容易通過。

(三) 蓄水力小，易受旱災。

(四) 受型性和凝集力都很弱。

(五) 變濕和變乾時的漲縮甚少。

(六) 所含的養料較少。

黏 土

不易流通。

不易通過。

蓄水力大，不易受旱災。

很強。

甚大。

較多。

(七) 耕作容易。

耕作較難。

各種作物所合宜的土壤，各有不同。有的宜於砂土，有的宜於黏土，然而大多數宜於壤土。

(一) 旱區和濕區土壤的比較。氣候對於土壤的性質，關係很大。乾旱區域和濕潤區域中土壤性質的不同，特別顯著，現在把牠們的不同點列表如左：

旱 區

濕 區

(一) 機械的風化作用盛行。

化學的風化作用最重要。

(二) 土粒通常較粗。

較細。

(三) 顏色通常較淡。

顏色不一。

(四) 土壤很深。

通常不十分深。

(五) 表土和心土的區別不顯明。

很顯明。

(六) 普通物理情形較好。

較壞。

(七) 所含的重要礦物養料元素較多。

較少。

(八) 微生物活動的範圍較深，牠們的活動力，很受水分多寡的影響。

大抵限於上面一尺的土壤內，因為空氣不流通的原故。

第五章 土中的水和空氣

(一) 土中水分的表示法 在一切尋常的情形中，土壤都含有水分。水在土中的性質和效用，因所處的地位而異。但是在討論土中水的種類、行動、和對於植物的可用性之前，必須先定表示土中所含水分的方法。

在許多年的土壤研究中，尤其當論及水分時，發生五種表示土壤含水量的方法。這五種方法，可以分做兩類如左：

(甲) 百分數表示法

(1) 基本於濕土的百分數

(2) 基本於乾土的百分數

(乙) 容量表示法

(1) 一立方尺土壤中的若干立方寸水

(2) 容量的百分數

(3) 水深若干寸

右列甲類的兩種，即基本於濕土和基本於乾土的百分數表示法。第二種比第一種好，但是當土壤的容積比重不同時，都不能表示實際的乾濕比例。所以不如用容量表示法。不過在尋常計算中，普通用基本於乾土重量的百分數表示法，因為牠的簡單而容易。

在容量表示法中，關於直接比較一層，第一和第二兩種方法的價值略同。若是要知道究竟有多少水，那末第一種較好些。至於第三種容量表示法，普通用於田間，尤其在灌溉區域內，那裏的水量是用每畝幾寸水的方法計算的。這種計算的方法，不但便利，並且可以和生長季中的雨量比較。

(二) 土中水的種類 當土壤飽和着水分時，含有三種水，即吸着水、微管水和自由水。這三種水的不同，不在牠們的成分上，那是因為牠們對於土粒的位置不同。

吸着水是堅附在土粒表面的很薄的一層水。若是土中的水分多於吸着水所能容受的分量，於是吸着水的外面又附上一層微管水。這兩種水都附着在土粒的表面，所以能附着的原因，半因

土粒的吸引力，半因水分自己的分子吸力。兩種水的界線，並不很清。牠們的分別，在位置的不同，並且微管水能夠因微管作用而行動，吸着水不能行動。當土中溫度或別種情形變化時，吸着水可以變做微管水，或微管水變做吸着水。等到微管水繼續增加，水層愈變愈厚，終究達到一點，地心吸力超過土粒的吸引力和水分自己的分子吸力，於是多餘的水能夠自由流向下方。這種水叫做自由水。若是水分繼續的加入，自由水繼續增加，直待土中空氣完全排出，而土壤變做飽和水分。當土壤的組織，土中溫度，或壓力有變化時，微管水可以變做自由水，或自由水變做微管水。飽和的土壤中的種類，可以便利地表示在左圖：



(三) 吸着水 水吸着究竟在怎樣的情狀下，是液體呢？還是水蒸氣呢？現在還不十分明瞭。在許多地方，這水層也許不是繼續的，要看情形而定。這水層極薄，比現在所知道的最小的土中細菌的直徑還小。吸着水不能用尋常方法除去；即使除去一部分，也要加以大熱。因此可以推知，當水凝

結做吸着水時，要放出熱量。

當外界情形相同時，各種物質所能含吸着水的分量，看物質本身的性質，和所露出表面的多寡而定。但是物質不同的影響極微，主要還是表面多寡的問題。玻璃當研成細末後，吸取吸着水的力量可以大大地增加。多孔物質尤其富於吸着水的力量，有時多到含有百分之二十到三十的水分。所以土粒越細，越富於吸着水的力量，而膠物質尤其富於這種能力。土中膠物質的多寡，差不多決定所能含有吸着水的多寡。土中腐爛的有機物，產生腐植性膠物質，對於吸着水自然也有很大的影響。

外界情形影響吸着水的分量的，是濕度和溫度。大抵濕度越高，吸着水越多。關於溫度，大多數人發見當溫度升高時，吸着水的力量隨着減低。不過有人發見當空氣飽和水分時，得着相反的結果，雖則在空氣未飽和時，和大多數人所發見的符合。

(四)微管水 微管水大都在液體態中，受普通液體律的支配，在尋常溫度時會蒸發；能够在自己的水層內流動。這些都是和吸着水不同的地方。能够保持微管水而抵抗地心吸力的一種力

量，出自液體的表面張力。這種表面張力，原因於液體內部的分子吸收力。聚在土粒與土粒間的微管水，常厚於粒面所附的微管水。

土中微管水的分量，受多種情形的影響。溫度上升，減低表面張力，因此減少微管水的分量。土粒越細，微管水越多。關於土壤的組織，土粒與土粒接觸而成的角越多，微管水的分量也越多。有機物，尤其當變成腐植質時，有容納多量微管水的力量。

土中微管水的行動，雖則可以向着任何方面，在尋常情形中，大都是上下的方向。當地面沒有遮蔽而蒸發時，下層的微管水繼續的上升。當暴雨之後，地面比下層潮濕，微管水也就向下行動。這種微管水行動的速率和高度，受下列四項的影響：(1)水層的厚薄，(2)表面張力，(3)土粒，(4)土壤的組織。水層越薄，行動越慢，上升的高度越低。溫度下降，增加表面張力，因此加厚水層，微管水上升的高度也隨着增高。不過溫度上升，減少水的黏着性，因此增進微管水行動的速率。別種情形相同時，土粒越細，微管水行動的速率越慢，但是最後所達到的上升的高度越高。關於土壤的組織，使黏土變鬆，或使砂土變密，那末增加微管水行動的速率和上升的高度。

(五)自由水 自由水受着地心吸力，流向下方。流動的快慢，看壓力、溫度、土粒的粗細，和土壤的組織四項而定。在尋常情形下，壓力來自兩種來源，即大氣壓力和上方水的重量。壓力越大，自由水的流動越快。溫度上升，也增加流動的速率。土粒越細，或組織越密，那末流動越慢。自由水的行動的問題極重要，因為土中積聚着許多自由水，有許多壞處，留待第九章講排水時再討論。

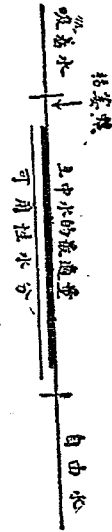
(六)水在植物生長上的需要 水是植物生長上必要的東西。牠的功用如下：(1)溶解土中養料；(2)輸運溶化的養料；(3)供給氫、氧兩元素和未變化的水；(4)使細胞充滿水分而膨大，植物的柔軟部分藉以牢固；(5)水分從葉面蒸發，可以調節植物的溫度。在生長正盛時候的新鮮作物內，所含水分，平均約占全重的百分之八十，大抵最高限度是百分之九十五，最低限度是百分之六十。

這是可想而知的，植物體內生產每斤乾物質，要用去許多斤的水，這其間的比率叫做植物蒸騰率(Transpiration ratio)。植物蒸騰率的大小，因種種情形而異。作物不同，或同一作物而生長情形不一，蒸騰水分的多寡也就不同。但是氣候和土壤的影響，還比作物本身重要。雨量越多，空氣

越濕潤，那末蒸騰率越低。日光越多，溫度越高，空氣越乾燥，而風的速率也通常跟隨着越快，這些都趨向於增高植物蒸騰率。土壤越濕潤，蒸騰率越高。土壤越肥，蒸騰率越低。大抵在濕潤區域，每斤乾物質約須用去二百到五百斤水分，在乾燥區域的蒸騰率，差不多要加倍。一季作物約需用四寸到八寸的水，多寡看情形而定。

(七) 土中水的可用性 土中水分，並非完全可以供給植物利用的。植物不能利用吸着水和少量的微管水。土中若祇有這種水時，植物就枯萎，這一點叫做植物的枯萎點。自由水或微管水有時因為距離太遠，微管引力不能吸引得足夠的快，以供尋常作物的需要，因此對於作物也沒有大用。在普通情形中，過了枯萎點，其餘的微管水都可以供給尋常植物的利用。但是等到自由水開始發生時，情形又改變了。這種自由水過於植物所能利用的分量，而牠的存在，還發生不利於植物生長的情形。茲為明瞭起見，用左圖表示土中水的種類及其對於植物的可用性：

(八) 土中水的最適量 這是很明瞭的，土中水的分量，一定會當某種情形時最合於植物的生長，這個通常稱做最適量。不過要知道，並非可用性水分的限度就代表最適量。任何土壤的含水



最適量，也不是可以用一定的百分數表示的。實際上，水分可以有相當的變動，而不致影響到作物正則的發育。這是因為土壤的物理的性質，和所含水的分量同時變動，植物也能夠適合自己於這種變動，而不致影響正則的發育。就普通而論，合於普通農作物的最適量，約在土壤含水力的百分之六十到八十之間。

土壤的團粒組織，頗有影響於最適量的限度，因為團粒情形越佳，土壤越能夠適合自己於含水量的變動，而不妨礙植物的生長。土壤的情形越壞，那未含水最適量的限度越狹。

就普通論，土中水分的多少，往往影響作物的成熟期和收穫量，有時還影響作物的品質。水分太多或太少，甚至於妨礙作物的生長。

(九) 土中空氣的分量 土中空氣的分量，因土壤的粗細和組織，以及所含的有機物，和水分等四種情形而異。當土壤乾燥時，土粒較細，或成團粒組織時，所含空氣的分量較多。有機物多空隙，

所以常使土中空氣的分量加多。這個在濕潤區域通常是有益的；但在乾燥區域，往往是有害的。除非有足夠的雨量，往往使土壤過於通風而乾燥，妨礙微管水的行動，以致不能使種子發芽，或維持作物的生長。土中水分加多時，空隙被水占據，空氣的分量自然就要隨着減少。但是並不是說土壤含水的百分數越高，空氣量就越少。一種含有百分之三十水分的土壤，也許比含有百分之二十水分的土壤，含有更多的空氣，因為土壤組織的變更，會使土粒更加離開，因此加多空隙。在田間的土壤裏，空隙的大小，最能解決土中空氣的分量。小空隙裏會含着水，但是大空隙裏不能保留着水分以抗地心吸力，因此充滿了空氣。

(一〇) 土中空氣的成分 土中空氣比大氣含有較多的水蒸氣；特別多的碳酸氣；較少的氮氣；和稍多的別種氣體，包括有機物分解所生的阿摩尼亞、沼氣、硫化氫和其他相類的氣體。有幾種情形，影響土中空氣的成分，其中最重要的是碳酸氣的產生和散失。

(一一) 土中空氣的功用 土中空氣所含的氮氣，是土中有機物的分解上所必需的。(關於有機物分解的重要，詳見下一章。) 氮氣也是有益細菌的生存，種子的發芽，和植物根的生長上所

必需的。碳酸氣在土壤中的最要功用，是牠的溶解作用，使土中大多數的礦物質溶解，以合於植物的吸用。碳酸氣還和有些鹽基元素化合，成有益於土壤的化合物，特別是碳酸鈣。

(二) 土中空氣的行動 土中空氣的行動，發生於下列現象的一種或數種：(1) 氣體的分散。土中空氣和大氣的成分大不相同，兩者所含的氣體，趨向於互相分散交換，以達平衡，因此發生行動。(2) 水的行動。一次尋常的土中水分的變更，可以驅出四分之一的土中空氣。(3) 大氣壓力的變更。(4) 大氣或土中溫度的變更。(5) 風的吸引力。

第六章 土中的生物

(一) 土中生物の種類 土中生物の種類極多，在農業上重要的，可以大別之爲細菌、真菌、和原生動物三類。總稱叫微生物。微生物中，細菌最是重要。真菌也幫助着分解有機物，尤其在分解的初期。在酸性土壤裏，他們格外活動。近來更發見有些真菌能夠利用空氣中的氮素。但是大多數真菌傷害作物。原生動物用生活的細菌做食物，直到現在，並沒有發見牠們能夠替植物預備養料。土中除微生物外，還有蚯蚓也很重要。牠們在土中穿孔，利於空氣和水的流通，因此能改良土壤的性質。蚯蚓把土中有機物做食料，更喜歡黏重結實的土壤，而這種土壤也最需要牠們的工作。

(二) 細菌的性狀 細菌極細，肉眼不能看見，平均要聚三千多個細菌，排列在一直線，纔有一分長。種類極多，形狀亦不一。普通可以分做球狀、桿狀、螺旋狀三種。繁殖用裂殖法。在適宜情形下，牠們生長的速度，差不多不可想像。有時在每三十分鐘內，每一個細菌分裂成兩個。

細菌在土中用有機物做食物，不過不同的細菌，各有牠特殊歡喜的食物。最適於細菌生長的

溫度，在華氏表六十度到八十度之間。溫度若降到冰點時，細菌的活動大減。若高到沸點，那末大多數細菌就被殺卻，但是不能殺死細菌的孢子。對於空氣的關係有兩種，有些細菌使有機物和空氣中的氮氣化合，有些使有機物還原。若是土中充滿水分，沒有空氣，祇有還原細菌活動。若是土壤的排水良好，氯化細菌最活動，最有益於植物。土壤若呈酸性，不利於細菌的生長。

(三) 土中細菌的分布 在土壤的表面，細菌很少。在土壤的上層，適在表面之下，細菌數目最多，在一兩肥沃的土壤裏每含着幾千百萬個。到三尺深的深度，細菌已經極少。到五六尺的深度，就差不多沒有細菌了。土中細菌的種類和數目，因土中空氣和水分的多少，耕作的方法和勤惰，施肥的多少和種類，有機物的多少，以及排水，輪栽，所種的作物等而異。

(四) 土中細菌的作用 細菌在土壤中所生的變化，可以大別為三類如左：(1) 對於土中無機物所生的變化，(2) 對於土中有機物所生的變化，(3) 把空氣中遊離的氮氣變做化合物。

(五) 對於無機物的作用 某種細菌能夠分解土中的有些礦物質，使牠較合於植物的利用。細菌所產生的各種酸，最普遍的是碳酸，能夠使不溶化的碳酸鹽、磷酸鹽、和鉀化合物，變為能溶

化的化合物。有時，細菌也把能溶化的燐化合物做食物，用於組成牠們的身體，因此變做不能溶化的有機物；必須等待細菌死後分解，才回復到能夠溶化。

(六)有機物的分解 細菌對於有機物所生的變化，大都是把不溶化的植物養料變做可溶性養料的。有機物的成分很複雜，細菌把牠們分解做簡單的化合物。分解的歷程有多種，很有不同。但是大別之可以分做兩大類：(1)在有空氣地方所生的分解，(2)在缺乏空氣地方所生的分解。在這歷程中，所經過的化學變化，和參加的細菌的種類，數目都很多。這裏祇能說一點普通的結果。

在有空氣的他方，無氮的有機化合物，如糖、澱粉、纖維質、油類、和有機酸等，最後都分解做碳酸氣和水。蛋白質漸次分解做較簡單的氮化合物，最後分解做阿摩尼亞、氮氣、碳酸氣、水、硫酸、磷酸等。至於植物體原有的礦物質，當做殘渣留下，大都是鈣、鎂、鉀、鈉等的磷酸鹽、硫酸鹽、碳酸鹽、和氯化鹽等。

在缺乏空氣地方所生的變化，和前者有不同點如下：(1)分解較慢；(2)分解較不徹底；(3)所產生的化合物抵抗再變化；(4)產生有惡臭和有毒的化合物；(5)雖則產生碳酸氣、水、阿摩尼亞和氮等氣體，但是分量遠少於在有空氣地方的分解所產生的，並且還產生沼氣、磷化三氫、硫化

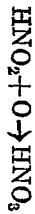
氫等氣體，這些是在有空氣地方不大會產生的。

(七) 硝化作用 硝化作用，是把蛋白質一部分分解做阿摩尼亞(NH₃)。我們可以把牠認為主要是分解的一種。發生這種作用的，是硝化細菌。這種細菌有多種，有些生活有空氣的地方，有些生活在缺乏空氣的地方。空氣、雨水、畜舍、糞堆、和表土等裏面，通常都生存着很多的這種細菌。不同的細菌，發生不同的化學變化和變化的速度。有許多情形影響這種硝化作用，例如蛋白質的種類，土中細菌的種類，以及一切影響細菌生活的物理的和化學的情形。

(八) 硝化作用 硝化作用是把阿摩尼亞變做硝酸的一種作用。這作用有顯然的兩步：先把阿摩尼亞變做亞硝酸。



再把亞硝酸變做硝酸。



這些變化，在化學上顯然是一種氯化作用。變做硝酸後，在不缺乏碳酸鈣的土壤裏，就很快地和鈣

化成硝酸鈣。



硝酸也許和鉀、鎂、鈉等化成硝酸鉀、硝酸鎂、或硝酸鈉，要看土中情形而定。

發生硝化作用的細菌，可以分做兩類：有些專做第一步工作，即把阿摩尼亞變做亞硝酸；有些專做第二步工作，即把亞硝酸變做硝酸。牠們常在一處工作，總稱做硝化細菌。一切耕種的土壤裏，以及水中，尿糞中，都有這種細菌。在含有非常少或太大的有機物的土壤裏，這種細菌並不多。在生產力較大的土壤裏，這種細菌的硝化作用也往往較盛。

硝化細菌在上層土壤裏最多。土中產生的硝酸，三分之二發生在表面的一尺內。在乾燥的土壤，硝化作用不會發生。在包和水外的土壤裏，這作用也極慢。牠們的食物，主要是土中有機物分解所生的阿摩尼亞。但是合可溶性有機氮化合物太多時，例如在糞坑裏，這種細菌的生長就要停止。可溶性炭水化物太多時，也妨礙牠們的活動。磷化合物，或者還加上鉀化合物和別種礦物質，也是這些細菌的生存上所必需的。如果沒有充分的空氣的供給，牠們的工作就要受着妨礙。對於溫度，

硝化作用最盛於華氏表五十四度到九十九度之間。牠們怕日光，需要黑暗的所在。牠們對於酸類的反應非常靈敏。酸性土壤不適於牠們的生存。

(九) 硝酸還原作用 這是一種極尋常的還原作用。這作用又可以大別之為三種：(1) 把硝酸一直變到遊離的氫氣；(2) 把硝酸變做阿摩尼亞；(3) 把硝酸變蛋白質。就嚴格論，硝酸還原作用這名詞是專指第一種的。

有兩種情形利於這種硝酸還原作用：(1) 缺乏空氣；(2) 可溶性的有機物太多。

一切細菌也和別種植物一樣，需要一些氮素做牠們的必不可少的養料。因此牠們吸用可溶性的氧化化合物，變為不溶化的有機物，去組成牠們身體的一部分。這樣吸用的氮素，大部分要直待細菌死後，牠們的身體經過分解作用，才產生阿摩尼亞和硝酸。

(一〇) 利用遊離的氮氣 植物不能利用空氣中遊離的氮氣。但是有些細菌能夠利用空中氮素做養料，變做氧化化合物，可以供給植物的利用。這樣的細菌，可以分做兩大類：一種是不營共生作用的，又一種是和豆科植物經營共生作用的。據現在所知道的而論，前者留給土壤的氮化合物

的分量並不多，遠不如後者重要。

豆料植物的所以能夠利用空氣中遊離的氮氣，全靠牠們根上的根瘤。根瘤的大小和形狀，因豆料植物的種類而大有不同。根瘤裹住着無數的細菌。根瘤不但是細菌的住所，並且是細菌作用的直接結果。起初，這種細菌鑽入根毛的薄細胞膜，於是在其中很快的繁殖，致使豆料植物生出根瘤。豆料植物把必需的食物和住宅供給細菌，而細菌把空氣中遊離的氮氣，變做可用性的氮化合物，供給豆料植物，作為一種報答。在最適宜的情形時，在一季內每畝約能增加十二斤到二十五斤的氮素。在一切情形都不適宜時，約增加六斤或更少的氮素。在適宜的情形時，豆料植物所取用的氮素約有三分之一取自土中，三分之二間接取自空氣。

這種根瘤細菌，在土壤裏是比較很普通的，尤其在豆料作物生長得很好的土壤裏，牠們也發見在河水及湖水裏。就普通論，生長在一種豆科植物根上的細菌，不大合宜於生長在別種豆料植物的根上。普通合於硝化細菌的土壤情形，也合於根瘤細菌的生長。根瘤細菌需要豐富的糖或別種碳水化合物，以及鉀和磷的化合物的供給。但是可溶性的氮化合物，要在最少量時，才最合於牠們

的生長。

根瘤細菌也能夠獨自生長在土壤內，而利用遊離的氮素，但是利用氮素的分量，沒有生長在根瘤內時利用的多。含有這種細菌的根瘤，也並不限於豆科植物，已經發見在好幾種非豆科植物的根上，但是這些植物都沒有經濟上的價值。

第七章 肥瘠概論

(一)土壤的肥瘠 前幾章已經把土壤的各方面分別討論過。現在要總起來說一說土壤要怎樣才合於植物的生長。土壤生長植物的能力，稱做土壤的生產力，簡稱做地方生產力大的，稱做肥土；生產力小的，稱做瘠土。從上面已經講的看來，我們就可以知道土壤的肥瘠，並不單靠土中所含養料的多寡，也不單靠土粒的粗細或土壤的組織。有各種原因，影響土壤的生產力。

土壤的成分，和肥瘠大有關係。土中所含養料的分量多，並且適合於植物的吸用，那末土壤就肥美。土中養料分解和溶化的難易，和肥瘠也有關係。大抵土中所含的養料，一時祇有百分之一可以直接供給植物的吸用；其餘大部分要慢慢地分解溶化，繼續地供給植物的利用。若是土中含有多量的有毒物質，那末直接就可以妨礙植物的生長。

除成分外，土壤的粗細和組織，也和肥瘠有密切的關係。因為土壤的粗細和組織，影響到植物根在土中生長的適否。對於溫熱、水分、肥料等吸收和保持力的強弱，以及對於空氣和水分通過的

難易等，這些都是和植物的生長有密切關係的。

此外，雨量的多少，氣候的寒暖，以及陽光的足否等，都足以限制土壤的生產力。但是這些是外界的影響，不關土壤本身的肥瘠。

(二) 怎樣才是肥美的土壤 實際上，土壤中的情形很是複雜，這一項影響到那一項，常常互為因果。例如土中有機物的多寡和分解情形，影響到細菌的種類和多寡，土壤的組織，和許多物理的性質等；而細菌、土壤的粗細和組織，以及許多別種情形，又足以影響土中有機物分量的多寡和分解的遲速等。所以土壤的肥瘠，不能單把一種和數種情形做標準。必須各種情形都合於植物的生長，才可以稱做肥美的土壤。

那末總起來說，怎樣才是肥美的土壤呢？肥美的土壤應當具備左列各條件：

(甲) 含有多量植物可以利用的養料。

(乙) 土壤的組織要適宜：(1) 要同時柔軟而緻密，植物的根可以自由生長；(2) 要使土壤吸水容易，分布迅速，有良好的蓄水力，而供給植物的吸用；(3) 要使土中有合宜的空氣流通；(4) 要使土

壤能够吸收熱，而維持適於植物生長的溫度。

(丙)含有有益的細菌，並且土中情形，適於這種細菌的生長。

(丁)有毒物質不可積聚過多，以致足以損害植物。

(三)瘠薄的原因 俱備上述諸條件的，才是肥土；反之，就是瘠土。瘠薄的原因，也可以歸納到下面的幾條：(1)可用性養料的缺少；(2)有機物的缺少或分解情形不良；(3)土壤的組織不宜；(4)排水不良；(5)有益細菌的缺乏，或土中情形不適於這種細菌的生長；(6)土中積聚着多量酸性化合物或別種有毒物質。

大抵天然的土壤，對於空氣、水分、溫熱等的關係都適宜的很少。例如砂土，對於空氣的流通良好，但是保持水分的力量太薄弱。黏土富於吸收和保持水分的力量，但是空氣的流通不良。上層的土壤對於空氣和水分的關係適宜的，也許下層性質不良，不適於植物的生長。有時上層可耕的土層很薄，下層即是岩石的地盤或砂礫層。若是下層是結實的黏土層，那末缺乏透水性，排水不良。在低窪的地方，也往往淤積着過量的水分。從下層翻上來的心土，或在新開闢的土壤，沒有大生產

過草木，通常都缺少有機物。這些都是天然的不足，要用人力來改良的。

(四) 地方的減退 即使原來肥美的土壤，生產力也會漸漸地減退。減退的原因有多種，重要的如下：(1) 肥美的土壤，若是但知繼續栽培作物，不施肥料，土中可用的養料和有機物漸漸減少，土壤的生產力也就減退。土中所含的養料很多，尋常本不致短少，但是植物可以直接利用的祇有一部分，若是這些在溶液中的一部分短少了，就足以限制植物的生長。土中有機物的功用，前面已經說過。往往土中所含的養料很富足，但是缺少有機物，以致減少收穫量。(2) 土中養料有一部分溶化在水裏，若是一時雨量過多，超過土壤的蓄水力，溶化在水裏的養料就隨着水洩流到別處，最後流入海洋。(3) 在表面的土壤，若被流水經過，必有一部分被水沖刷帶去。沖去的部分，雖因當時情形的不同，有多有少，但是總是土中最細的土粒，最富於可以直接利用的養料的。(4) 在表面的肥土，還會被風吹去。(5) 土壤的組織變劣，以致植物不易生長，或不能涵蓄適量的水分，或不合宜於有益細菌的生長。(6) 有毒物質的積聚。

(五) 地方的維持和改良 如果我們對於土地，只知浪用，不去設法維持地方，那末地方力逐漸

減退，最後必致耗竭，不能再用來栽培作物。這個和我們人類的生存是有極大的關係的。因為衣食出自土壤，土壤毀壞，就影響到衣食的供給。如果衣食不足，種種壞事就隨着發生了。況且土地有限，人類的蕃殖很快。有人估計世界人口，在一八三〇到一九二〇年的九十年之間，增加一倍，現在約有十七萬萬人。如果照一九〇七到一九一一年之間的增加速率，繼續六十年，那末世界的人口又要加倍。要供給這種增加所需要的製造品，或許是可能的；但是怎樣得食物和原料，卻是一個極嚴重的問題。所以我們從事農業的人，不可只圖近利，浪用土地，以致地方消竭。維持地方，使能永遠生產豐盛的作物，實在是我們農業界的責任。不但原來肥美的土壤要設法維持，不良的土壤，也要設法改良，以求出產的豐美，去供給日增的人口和日高的人類慾望的需要。

改良土壤和維持地方的方法有多種，分述在下面的幾章。不過我們要注意本章第二節裏所說的，土壤中的情形很是複雜，這一項影響到那一項，常常互為因果。又要注意，肥美的土壤應當俱備多種條件，不可單用一種方法，單注意一方面，以為已經盡了改良土壤和維持地方的能事了。也許這方面維持了，改良了，別方面沒有顧到，仍舊得不着良好的結果。總之，我們對於土壤，應當注意

土中情形的各方面，利用種種方法，面面顧到，使成爲肥美的土壤，或永遠維持土壤的肥美。

第八章 改良的方法(上)

(一)施肥的必要 土壤裏所含有的養料和有機物有限。若是一年年的栽培作物，收穫後賣掉或吃掉，把稈稈等當做燃料燒掉，沒有一些還給土壤，那末土壤裏的養料和有機物，豈不是有去無來，愈弄愈少，土壤因此愈變愈瘠，收穫愈弄愈劣。所以必需施下肥料，償還作物所用去的養料和有機物，才能夠維持土壤的生產力。在原來瘠薄的土壤，尤其要施下肥料，才能夠增加土壤的生產力。所以肥料和施肥，在土壤改良法上，非常重要。不過在本叢書裏，另有專書討論這個問題，本書祇就施肥和土壤有密切關係的地方，汎論一個大概罷了。

(二)肥料三要素 植物生長上必需的養料元素，有炭、氮、氫、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、硫十種，前面已經說過。炭和氮化合成碳酸氣(CO_2)，由葉從空氣中吸取，是用之無盡的。氮和氫化合成水(H_2O)，由根在土中吸取，而土中的水，也是直接或間接的從空氣來的。炭、氮、氫三元素平均組成植物體的百分之九十五，所以植物養料的大部分，是從空氣中得來的。其餘七種元素，除豆科植物能夠藉根瘤

的作用，利用空氣中的氫素外，完全是從土中吸取的。這七種元素，在土壤裏惟有氮、磷、鉀三種最會缺少，其餘鈣、鎂、鐵、硫四種，土壤裏含着許多，不愁用盡。所以肥料中所注意的植物養料，普通祇有氮、磷、鉀三種，稱做肥料三要素。鈣素雖然也往往用做肥料，但是利用牠的別種作用，不是用以供給養料的。

肥料三要素對於作物的作用，各有不同。在施肥上有重要關係的如左。

氮的作用：(1) 節制全植物的生長；(2) 稈多時，鼓勵莖葉的生長；(3) 延遲開花和成熟；(4) 使組織柔軟；(5) 過多時，減少對於病害的抵抗力。

磷的作用：(1) 鼓勵幼苗的發育；(2) 提早成熟；(3) 增加穀粒對於氮的比率。

鉀的作用：(1) 鼓勵莖葉的生長；(2) 果實肉質部發育上所必需；(3) 延長生長期；(4) 增加對於病害的抵抗力；(5) 鼓勵豆料作物的生長。

(二) 怎樣知道土中需要施用某種養料 怎樣可以知道土中需要施用某種養料呢？需要多少呢？經驗往往可以解決這些問題的大半，但是也許使人完全走入歧路。解決這些問題的方法如

左。

(甲)土壤分析：尋常單靠這種方法不足以解決這問題。

(乙)作物狀態：(1)氮。若是別種情形都合宜，莖葉呈黃色，或不大生長，通常因為可溶性鹽化合物之不足。若是莖葉生長很盛，呈光澤的深綠色，可知氮素並不缺少。若是莖葉生長過盛，芽或花果的發育不完全，通常因為氮對於磷鉀的比例太多。(2)磷。若是別種情形都合宜，穀類的成熟遲緩，穀粒輕而皺縮，通常因為磷對於氮的比例太少。(3)鉀。若是別種情形合宜，莖葉脆弱，通常因為鉀的不足。(4)但是要注意，用這個方法研究肥料的需要，必須小心，因為養料不足所致的作物狀態上的變化，也會因為別種情形如氣候、病害、蟲害等而生的。

(丙)土壤的性質：(1)黏土，通常富於鉀而往往缺少磷和鈣。(2)砂土往往缺少鉀和磷。(3)泥炭土 (Peaty soil) 富於滷效氮素，而往往缺少鉀和磷。

(丁)前作物：若在同一地上繼續栽培穀類，需要氮磷兩元素的比例比鉀多。若是繼續的栽培牧草，需要鉀的比例比磷多。

(戊)肥料試驗：這法是要小心，易受別種情形的影響，尤其是天氣的影響。這法要繼續多年，不是農家普通可以用的方法。

至於所需養料的多寡，因下列的情形而異：(1)土中可溶性養料的多寡；(2)作物所需要養料的多寡；(3)耕作上的特別情形，如園地所用的養料比農田多，有合宜輪栽制度，所用的養料可以比連栽少。

關於肥料的種類、選擇和施用等，請看本叢書中的肥料和施肥，本書不贅論了。

(四)土中有機物的維持 土中有機物的功用，已經述在第三章第十八節裏。腐植質和土壤生產力的關係非常大，所以怎樣維持土中有機物，實在是一個極重要的問題。有許多農人，不明白這個道理，不知曾經施用多少肥田粉，祇因為土中缺少有機物，以致並不能增加產量或改良作物的品質，徒然枉費肥料。近幾年來，肥田粉在國內漸漸通行，這是一種好現象。但是要注意：肥田粉多是無機質肥料，並不含有有機物，應當和別種富於有機物的肥料搭配施用。

土中腐植質的維持，依賴於兩種因子：(1)供給的來源和加入的方法；(2)適當的土壤情形，

使有機物可以完成牠的正當的功用。

土中有有機物常在不斷的分解消失，所以新鮮有機物的供給，必須充足。供給的方法：(1)把綠嫩植物耕入土中。這叫做綠肥，要詳論在下一節。(2)施用人畜糞。(3)把泥炭、藥稈、樹葉等加入土中做肥料。

不適當的土壤情形，不但阻止有機物的正當的分解，並且趨向於鼓勵產生有害於植物生長之物質。所以如果要使加入土中的有機物，產生正當的分解，完成牠的正當的功用，必須有最適宜的土壤情形。排水必須良好，水和空氣的供給必須適宜，使有機物的分解不致太快或太慢。如果土中缺少鹽基性物質，就應當施用石灰，一方面促進細菌的活動和植物的生長，一方面又可以防止有機物分解時所生的酸性物質積聚着損害作物。施肥和適宜輪栽的採用，也常是有益於土中有機物的維持的。(參看第三章)

良好的土壤管理，必須調節有機物的加入，土壤的情形，和因栽培作物及洩漏而生的損失，使一年年的收穫作物而不妨礙土中腐植質的供給。任何農業制度，趨向於繼續的減退土中有機成

分的，是不實用的，無遠慮的，也是非科學的。

(五)綠肥 栽培作物，趁牠未老熟時耕入土中作肥料，稱做綠肥。或採取青草落葉等埋入土中做肥料，也稱做綠肥。因為用做綠肥而栽培的作物，稱做綠肥作物，不但是要根深而莖葉茂盛，最好還是豆科作物，能夠增加土中的氮素。

綠肥的效用如下：(1)供給有機物。每畝連根在內，大約產生綠嫩植物質十四到二十八擔，其中約含五分之一的乾物質，其餘是水。(2)保存可溶性養料。可溶性氮化合物，容易溶化在水內洩漏掉，有時還會分解做遊離的氮素；若是地面生有作物，可以防止這種損失。(3)豆科綠肥作物能夠增加土中的氮素。(4)把植物養料集中到較小的範圍內。(5)增加可用性養料。(6)深耕的綠肥作物，能夠把心土的養料移到表土。(7)防止有害細菌而鼓勵有益細菌的生長。(8)改良心土。(9)保護表土，防止風吹水沖。(10)在果樹園的土中，含有可溶性氮化合物太多時，可以栽培綠肥作物，分用掉這種過多的氮素，使果樹不致生長過晚，以致受着冬天霜凍的害。

在缺少氮素和有機物的土壤，綠肥的施用是很有益的。在許多輕鬆的砂土或很粘重的粘土，

綠肥的施用尤其有效力。綠肥作物應當在開花前耕入土中，才容易分解。並且要在後作物的播種前十餘日耕入土中。埋入的深度，粘土宜淺，砂土宜稍深。

(六) 植樹 新開墾的瘠土，不適用於普通作物的栽培，而一時又未能用別種方法加以改良的，可以用來植樹，或栽種灌木或牧草。等到若干年之後，根葉漸漸加入土中，土壤裏的有機成分漸漸加多，土質改良，然後再種普通作物。

(七) 施石灰 肥料有直接間接的分別。直接肥料含有養料元素的化合物，可以立即供給植物的吸用，或在適宜情形時，容易變做可用性。間接肥料不在供給什麼植物養料，而主要在改良土壤中的情形，有益於植物的生長。

鈣化合物是最重要的間接肥料。用做這種肥料的鈣化合物有生石灰 (CaO)、消石灰 (Ca(OH)_2)、石灰石 (CaCO_3) 和石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 等四種。四種中，石膏的價格最貴，功用又較少，尋常不宜用。生石灰的作用最強，消石灰也和生石灰彷彿，石灰石的功效最慢。在黏重而富於有機物的土壤，不妨施用多量生石灰。在輕鬆而有有機物含量很少的土壤，不宜用生石灰，若用量極

少，每畝亦不得過一百二十斤。有些作物易受生石灰的損害，宜用石灰石。此外還有別種含鈣的物質，例如磷酸鈣、草木灰、骨粉等，常用做肥料，但是主要在供給別種養料元素，不是用做間接肥料的。

鈣化合在土中的作用，主要的如下：(1)把不溶化的鉀化合物和磷化合物變做可溶性；(2)中和酸性土壤，但是石膏沒有這種作用；(3)化除毒質；(4)促進有機物的分解；(5)在富於碳酸鈣的土壤裏，作物所需要氫磷鉀的分量較少；(6)石膏把碳酸銨變做更穩固的硫酸銨，防止氫素的損失；(7)富含碳酸鈣的土壤，合宜於豆科和別種作物，而不利於有些雜草的生長；(8)利於有益細菌的生長；(9)驅除為害於植物的某種病菌；(10)改良土壤的物理的性質，使粘重土壤變做比較的輕鬆易耕，水分較易通過，植物根較易生長。而在有些沙土，碳酸鈣有膠粘的作用，把土粒團結，因此增進土壤的蓄水方。

但是當施用不適當時，鈣化合物也會發生不良的作用：(1)使有機物的分解太快而損失；(2)如此的促進硝化作用，使硝酸鹽的供給太快或太多，超過作物所能利用的分量，因此容易溶化在水裏洩漏掉；(3)石膏增加土壤的酸性；(4)土壤的鹽基性太強時，不利於硝化和分解的細

菌(5)不利於有些喜歡酸性土壤的作物，例如西瓜(6)施用多量時，使有些砂土和礫土變得太鬆(7)在泥炭土，若是鈣化合物祇施用在表面的一薄層時，使表土中的腐植質很快的分解消耗，掉蓄水力減低，因此容易受着旱害。所以石灰的施用，必須小心。

至於施用石灰的方法，請看肥料和施肥一書。

(八)別種間接肥料 綠肥也是一種間接肥料。此外溝泥、泥炭、食鹽、鎂化合物、鐵化合物、烟氣、煤灰等，也往往在做間接肥料。

(九)酸性土壤的利用和改良 酸性土壤的弊害，已經述在第三章裏。這種土壤並非有害於一切植物，有些作物的確還需要酸性土壤；但是不利於大多數農業上重要的作物。使土中的空氣流通，有時也可以化除土壤的酸性；而通常的方法，是施用石灰或草木灰，去使土壤變為鹽基性。

(一〇)根瘤細菌的輸種 在許多地方，所需要的特種細菌，存在於土中。若是一種豆科作物，因為土中缺乏特種根瘤細菌而失敗時，那末輸入這種細菌到土中，可以得着良好的結果。輸入的方法有多種(1)把含有特種細菌的土壤拿來撒在田裏，不過要注意這方法有帶進雜草種子和

病菌的危險；(2)把含有特種細菌的土壤用水濾過，把種子浸入濾出的水內，然後取出播種；(3)用百分之十的膠水溶液，先將種子弄濕，再把含有特種細菌的乾碎土壤篩在上面，然後播種；(4)收聚根瘤撒在田內；(5)用細菌的純粹培植，加入種子播種。

要希望輪種細菌產生良好的結果，必須土中空氣的流通良好，富含磷鉀鈣和別種礦物質養料化合物，並且要原來豆科作物的生長不良，根上沒有根瘤，或這種豆科作物還是第一次栽種。如果有下列情形，那末就不會有結果：(1)豆科作物本來生長良好；(2)土壤是酸性的；(3)可用性鉀和磷的化合物的供給不充足；(4)可用性氮化合物的供給太多；(5)土壤的物理性質不適宜；(6)時季的情形不利。

(一)作物的輪栽 在同一地面上，年年繼續的栽培同一作物，最容易消耗地力。大多數作物，若是繼續連栽，收穫就要減少，甚至於完全失敗。所以如果要維持地力，改良土壤，輪栽也是一個好方法。輪栽的利益很多，分述如左：

(1)在有些土壤中，鉀或鈣大部分含在心土裏，而氮和磷卻大都在表土。像小麥等淺根植物，

祇在表土吸取養分，而大豆等深根植物，能自較深的土層吸取養分。所以輪栽淺根和深根植物，在表土和心土中的養分，都能利用。

(2) 各種作物所需要養料的種類，各有不同。若行連栽，必致某種養料特別缺乏，以致妨礙植物的生長，而別種養料尚供過於求。所以輪栽可以調劑需要和供給，因此可以節省肥料。

(3) 能夠最經濟的利用前作物所遺留的養料。例如燕麥吸取養分的能力比小麥強，在豆科作物後，宜先種小麥，後種燕麥。若先種燕麥，次種小麥，那麼小麥可以利用的養料已少，必須另加肥料。

(4) 輪栽中若有豆科作物，可以節省氫肥。

(5) 容易維持土中的有機物。

(6) 使土壤的物理的性質，常合於作物的生長。例如牧草每使土壤變成堅實，不利於作物，而小麥大豆等能使土壤變鬆。

(7) 有些作物，宜於施用廐肥，有些作物不宜直接施用廐肥，而宜於礦物質速效肥料。所以輪

栽可以最經濟的利用各種肥料。

(8) 輪栽可以最經濟的利用地面，不使空閒浪費。

(9) 土地經多年連栽後，往往積聚毒質，不利該作物的生長，然而無害於別種作物。所以輪栽可以免除或減少毒質為害的程度。

(10) 害蟲病菌等所害的作物，常有一定，若改種別種作物，害蟲病菌等失去寄生的食料，就要死亡。又如雜草，也往往隨着一定的作物同生在一田；例如稗常生在稻田而不生在豆田。況且各種作物對於病蟲害和雜草的抵抗力 and 排擠力，也有強弱。所以輪栽可以幫助着防除病蟲害和雜草。

(11) 輪栽可以調劑農忙。

(12) 輪栽可以調劑灌溉水；例如稻和大豆同種時，稻需水甚多，大豆除天旱外，可以無須灌溉。若一地的稻和大豆輪栽，每年的面積各半那麼差不多可以節省一半灌溉水。

排列輪栽制度中作物的種類和次序，應當注意左列各點：

(1) 淺根作物應當和深根作物相間。

- (2) 供給有機物的作物，應當和利於有機物迅速腐爛的作物相間。栽培綠肥作物或施用腐肥等，增加土中的有機物。而穀類等常需耕耘的作物，利於有機物的迅速腐爛，並且最能消耗腐植質。若是偏於一面，必致缺少腐植質，或未會腐爛的有機物堆積得太多。所以這兩種作物，應當相間。
- (3) 每一制度裏至少要有一種豆科作物，藉此可以利用空氣中的氫氣，節省氫肥。
- (4) 每一制度裏各種作物，對於所需養料的分量和種類，根的生長性質，以及在一年中生長的時期等，應當儘量的不同，藉此可以調劑各種偏倚。

第九章 改良的方法(中)

(一) 土中水的管理 土中水和植物的關係，非常重要，已經述在第五章裏。如果我們希望良好的收穫，那末對於土中水分，必須嚴密地管理，維持水分的最適量。土中水的去路有四種：(1) 植物的吸用，(2) 地面上的溢流，(3) 向下的滲漏，(4) 蒸發。這是很明顯的，後三種的損失加多，那末留給作物利用的水分就減少了。在旱地和半旱區域內，這是作物的致命傷；即使在濕潤區域內，當天旱的時期時，也要很重大地減少收穫量。所以這些損失的防止，在各種區域內都是必要的。務必使土中水分可以最經濟而合宜的供給植物的利用。當雨水不足時，還要用人工灌溉。但是土中水分也不可太多，又要注意排水。總之，應當永久維持土中水分的最適量。

(二) 溢流和滲漏的防止 在雨量重大，或地面傾斜，或不大透水的地方，雨水在地面溢流掉的分量是很大的。在有些地方，這種損失會多到雨量的百分之五十；而在旱地，自然差不多等於零。普通習慣，把溢流的損失和滲漏一同計算，用一個數目來表示這兩種損失。

在無論什麼時候，雨水滲入土中的分量，超過土壤的蓄水力時，向下滲漏的損失就發生了。這種損失的多寡，看雨量的多寡和分配，以及土壤的蓄水力等而定。在很濕潤的區域內，這種損失極關重要；而在旱地，這損失若和蒸發的損失比較，差不多無足輕重了。

溢流和滲漏的壞影響有兩種：（1）實際的水的損失；（2）溢流冲刷地面，如果任牠繼續，可以完全毀壞土地；而過分的滲漏，將要帶去溶化在水裏的養料。在濕潤區域內，每年滲漏水從平均的土壤中帶去養料元素的分量，多於作物所吸用的分量。但是我們也不可以為溢流和滲漏總是不好的。往往在冬天，太多的水分在地面溢流掉，沒有什麼妨害。而當土中充滿自由水時，不論在冬季或生長季內，排水也是必要的。

如果土壤是疎鬆的，雨水很快的滲入土中，溢流很少。滲入後，流向下方，繼續地變微管水。如果土壤的蓄水力強，那末較大分數的雨水變做微管水，而較小分數遺留做自由水滲漏掉。因此，防止溢流和滲漏的祕訣，第一要土壤的組織疎鬆，使雨水容易滲入；第二要增高土壤的蓄水力。排水，施石灰，增加土中的腐植質，和適宜的耕作，鼓勵土壤的團粒組織，使土壤疎鬆而富於蓄水力。

(三)蒸發的防止 土中水分的蒸發，差不多完全是限於地面的，由微管作用繼續地把下層水分引向土壤表面蒸發掉。蒸發的分量，大部分依賴於地面潮濕時期的長短。這情形是年年相差不多的。這種直接從地面蒸發的損失，往往失之過分，常減低作物的收穫量。即使在每年雨量很豐富的濕潤區域，生長季中長時期的晴天，植物的吸用和地面蒸發，往往耗竭土中的水分，以致妨害作物的生長。大多數耕地的作物產量，所受缺乏水分的影響，甚於所受水分太多的影響。通常在尋常雨量或低雨量的年份中，產量低的土壤，在多雨的年份產量加多，明白地表示水分對於土壤生產力的影響怎樣重大。所以對於地面蒸發的防止，是非常重要的。

防止蒸發的方法，依賴於兩種作用：(1)實際的阻止地面蒸發；(2)阻止微管水的上升。在一切方法中，地面覆蓋物的利用，最為重要。覆蓋物可以大別之為人為的和天然的兩種。前者用外來的物質，如畜糞、糞稈、樹葉、石子等蓋在地面；後者把土壤的表面一層，耕作使鬆，使空隙較多，破壞微管，如此微管水遂不易上升。用外來物質做覆蓋物的方法，雖然很有效驗，但是祇能用有特殊情形時，不適宜於普通農作物。所以最通的是鬆土覆蓋法。就是作物出苗以後，隨時將土面疏鬆。此法在

旱地行之，比濕潤區域較有效力，並且較易維持。鬆土層的深淺尋常以二寸左右為度，太深就要妨害作物的生長，但是在特殊情形時可以深到尺許。每當大雨之後，土面硬結，又須中耕，使重行疏鬆。在粘土尤其比砂土緊要。即使沒有下雨，為時過久，粘土的表面也會固結，亦須行中耕。行中耕，當春季或多雨時期，通常必須比別時加勤。

鬆土覆蓋在保存水分上的效用，因各地氣候和作物的不同而異。在旱農區域和灌溉區域的需要，甚於濕潤區域。但是即使在濕潤區域，也許遇到生長期中長時期的晴天，鬆土覆蓋仍是必要的。牠的功用除防止蒸發外，還有別種效用：(1)改良土壤的物理性質；(2)不但雨水容易滲入，並且增加土壤的蓄水力；(3)防除雜草；(4)在旱地，若是土中富於可溶性鹽類，因迅速的蒸發，常使靠近地面的土中水溶液過於濃厚，以致有害於作物。行鬆土覆蓋法直接防止蒸發，間接即可以防止這種弊害。在第十章論中耕節內還要細講。

(四)排水的必要 水分太多的惡果有多種，主要的如下(1)毀損土壤的良好物理性質，不能發生團粒組織；(2)排去土中的空氣，這空氣是作物的生長和土中有益細菌的生活上所必需

的；(3)阻止作物根的深入土中；(4)令土溫降低；(5)延遲農工；(6)便於雜草的生長。因為農工不能施在適當的時候，雜草很容易得着生長的機會，所以低溼地差不多總是多草的地方。因此，在水分太多的土壤，必須設法排水。即使沒有過分的水分，也要排水；要不然，鹽類和酸質將要積聚起來，損害作物。所有一切土壤都有排水的必要。不過農田的一大部分，心土多孔，便於洩水，天然能夠排水。遇到天然排水不足的時候，那就不得不用人工的排水法，以補天然的不足。

(五)排水的方法 排水的方法，有明渠法和暗渠法兩種。明渠法最普遍，在地面掘溝，以作水路。耕土成畦，把作物種在畦上，也是明渠排水法的一種。暗渠法把竹束、木束、樹枝、石礫、或瓦管或水泥管埋在地下，做水的過路。明渠法在許多地方，很是有用，方法也很簡便；但是耗費地面。在可以利用暗渠法的地方，不如利用暗渠法。暗渠法宜用何種材料，因各地材料的價格和工價而異。在竹木多而價賤的地方，不妨把竹木埋在地下。在多石的地方，時常用石礫做暗渠，不過很費人工。暗渠法中最好的材料，要推水泥管。(即水門汀管)水泥管要牢固的，不可太小，至少要有三寸口徑管的排列要傾斜，下端的傾斜度最好比上部更大些。出口要露出水面，以防沙泥在管中堆積，以致阻塞。

不通。

(六)排水和旱害 初想時，我們將要以為用瓦管或水泥管排水法的土壤，在乾燥的時候，要比別的田裏乾些，因此令作物容易受着旱害。但是事實上適得其反。因為水泥管在下雨的時候，把太多的水分排去，使作物根可以深入土中。等到乾燥的時候，作物根已經長的很深，比較能夠不受旱害。因為下層的土壤，比上層潮溼些。此時作物根實際上因為排水的原故，生長在較溼的土壤。並且根所接觸的土壤增加了許多，可以從此吸收水分。不過淺根植物種在暗渠排水的土壤裏，易受旱害。

(七)灌溉的必要 水是植物生長上必需的。所以在雨水太少的地方，就不得不設法灌溉。灌溉通常在每年雨水祇有二十吋或二十五吋的地方。若用這個數目來計算，那末全世界約有百分之六十的地面需要灌溉。但是雨水到怎樣低就需要灌溉，並沒有一定的限度。例如我國江浙等省，雖然雨水很豐富，平均每年在四十吋左右，但是稻田常有灌溉的必要。大抵某地是否需要灌溉，看下列的情形而定：(1)下雨的時期，(2)雨水的大小，(3)土壤的性質，(4)空氣的溫度和風的

行動(5)所種作物的性質和價值。此外，灌水的費用，耕作的方方法，市場的情形等，對於解決灌溉的實行上也有些影響。

在灌溉的實施上，可以把工作分做兩大部分：(1)供給灌溉用的水，這主要是一種工程上的問題；(2)灌水到田間，主要是一種農業上的問題。

(八)灌溉水的供給 灌溉水的來源，有河水、池水、泉水、井水等數種。江河的水，源遠流長，水量最多。若是疏濬得法，不愁乾涸，是最重要的水源。況且溫度又高，所含的養料又較富，也是良好的灌溉水。有時因為河身很高，或傾斜度很大，上游每慮缺水，於是逐段設置壩閘，在水漲的時候，把水關在裏面，以供日後的灌溉。或在河岸兩旁，築隄設閘，閘供啓閉，以便灌溉。隄所以防洪水時的氾濫。池沼等在雨天或河水漲的時候，把水關在池內，以便灌溉，也是很好的水源。在江浙等省，這種池沼很多。或在河水少的地方，建築大規模的蓄水池，貯蓄四季的雨水，更引導河水，貯蓄在裏面，以供夏秋的灌溉。至於泉水和井水，所含的養料很少，在夏季的溫度又低，不是良好的灌溉水。不過在氣候溫暖，河水缺少的地方，不妨設法利用。

(九)灌溉的方法 灌水的方法有四種：(1)噴射灌溉。把水管排列在田裏，高出地面數尺，管裏的水受着每吋四十磅到六十磅的壓力，從管嘴（俗稱龍頭）射出。管嘴可以自由開閉。(2)地下灌溉。把管埋在地下，注水灌溉。(3)平面灌溉。把水平流地面。(4)畦間灌溉。把水流入畦間，散布。這四種各有利弊。第三四兩種最是普通。第一二兩種適用的地方極少。灌水量和灌溉的時期，看土壤的性質，作物的種類，水的來源和多寡，以及時季等而定。取水方法，若是水源比田高，祇須設法導水入田。若是比田低，就不得不用器具把牠提上。我國戽水，普通多用水車，亦稱龍骨車或翻車，用牛力或人力，運動水車槽裏的龍骨板，把水提上。也有利用風力或水力做原動力的。近年來更漸漸用機器戽的，戽水不但把水灌入田裏，在水大的時候，還把田裏的水戽出。

(一〇)旱農 在需要灌溉的地方，有足夠的水可以供給灌溉的，祇是地球上的一小部分。其餘大多數雨量缺少的陸地，如果要利用，就不得不用最精密小心的方法，保存和利用僅有的天然雨量。在這種情形中，不加灌溉而栽培作物的農業，稱做旱農。

旱農的工作可以分做三部分：(1)在一年四季都維持土壤的適宜情形，使能完全吸收雨水。

和雪水；(2)用合宜的耕作法，保存貯蓄在土中的水分；(3)選擇抗旱作物和適宜於節用水分的輪栽制度。旱農情形中栽培的作物，應當需水量少。不大受久旱的影響，並且要很深的高粱很合於這種需要。玉蜀黍也還好，小麥、大麥、苜蓿等都是合宜的旱農作物。成功的旱農，每年雨量至少要有十五吋，能有二十吋更穩妥。在雨量太少的地方，往往不得不積聚兩年的雨水，種一熟作物，或在三年裏種兩熟作物。

(一一)水旱的防禦 如果連年雨雪缺少，水源乾涸，作物就難生長，甚至於毫無收穫。人民沒有賑濟，就不能生活。前幾年北五省的旱災，可以給我們一個很大的印象。至於洪水，更是可怕。不但作物沒在水裏，以致腐死，房屋漂流，人畜溺斃，為害極大。水旱的防禦方法有種種，主要的是：(1)栽培森林；(2)開濬河道，使在大水的時候，水有出路，不致氾濫；在乾燥的時候，增加水源，不致乾涸，並且可以便利交通；(3)修築堤岸，在地低而河身高的地方，或在水量很多奔流很急的地方，必須把堤岸築得堅固，以防大水時隄決氾濫；(4)建築蓄水池，貯水以供灌溉，或容納過量的水以防氾濫。

(一二)森林和水旱的關係 森林常由土中吸收多量的水分，從葉面蒸發，增加空氣中水蒸

氣的分量，往往超過飽和度，以致下雨。所以森林不但使空氣溼潤，減少地面水分的蒸發，並且能夠增加下雨的回數，可免久旱。林樹的根、幹、枝、葉、地上的蘚、苔、落葉，和土中的腐植質，都能停留或吸收雨雪的水分。雨雪降下時，始經枝葉的停留，再經樹幹和蘚苔落葉等的停留，漸漸滲入土中。因此雨水大約有百分之八十餘到九十滲入土中。水入土中以後，漸漸流向低處，再出地面成泉。所以森林能夠使雨水不致一時下注，水源可以不涸，也不發生洪水。又山上種樹後，泥土不致落下，淤塞河道。岸灘上種着樹木，樹根深入土中，盤旋固結，使隄岸或灘不致傾倒，可免氾濫。

(二三)土中空氣的管理 土中空氣的效用和行動等，已經述在第五章裏。相當的土中空氣的行動是必需的，但是過分的行動，除非有豐富的雨水，却是有害的。因為空氣在土中通過，同時帶出土中的水分。在雨水少而天氣乾燥的地方，如果不把土壤耕作使密，也許是很有害的。在別一方面，在濕潤區域和粘土裏，如果土壤不鬆，那末氮氣往往太少，不夠供給植物和有益細菌的利用。

管理土中空氣的分量和行動的方法如下：(1)耕作。耕耙時使空氣行動，並且耕作改變土壤的組織，因此影響到土中空氣的分量和行動。(2)施肥。畜糞、石灰和其他改良土壤組織的肥料，有

利於土中空氣的流通。並且有機物分解時，發生炭酸氣，也促進氣體的行動。(3)排水。(4)灌溉。使土中空氣交替的充滿水或空氣，因此促進空氣的交換。(5)種作物。植物根吸取土中的水分，使空氣穿入，替代水的位置。等到植物根腐爛後，又留下空氣的通路。

第十章 改良的方法(下)

(一)土壤組織的管理 在第四章和第七章裏，已經說過土壤組織和植物生長的關係。又說過團粒組織怎樣是一切良好組織情形的總表示；在粘重土，這種組織尤其重要。如果我們祇知施肥、排水、灌溉等等，而不注意土壤的組織，仍舊得不到美滿的結果。所以怎樣管理土壤的組織，或促進土壤的團粒組織，實在是土壤改良法上的重要問題。

最有影響於土壤的組織情形的，是土壤的受型性和凝集力。受型性和凝集力增加，那末土壤就容易在潮濕時變做堅實，在乾燥時結成硬塊，都有害於植物的生長。(參看第五章)所以在粘重土，應當小心地管理土中水分，和促進土壤的團粒組織。去減低這兩種性質。促進團粒組織的情形和方法如下：(1)土壤屢次交替的變乾變濕；(2)土中水分的冰凍和融解；(3)增加有機物；(4)植物根和動物的作用；(5)施石灰；(6)耕作。以上六項，有些是偏於自然的，如二四兩項。其餘是大部分或完全可以由人力操縱的。排水、施石灰、和增加土中有機物等問題，前面已經分別討論

過，耕作也會屢次提及，但是沒有詳論，還待有系統的敘述。

(二)耕作的必要 用器械改變土壤組織使適合於作物生長的一種工作，稱做耕作。牠的主要目的有三種：(1)改變土壤的組織；(2)處置地面的粗物質，並且把肥料混入土中；(3)把種子和植物放在適於生長的地位。這三種目的中，第一種最是重要。因為改變土壤的組織，影響到水分的保持和行動，空氣的流通，溫熱的吸收和保持，以及促進或阻礙微生物的生長。而這些情形的變更，又影響到土中水溶液的成分，最後影響到作物的生長。耕作還可以用來除去雜草和病蟲害。所以耕作實在是一種改良土壤必不可少的重要工作。

(三)耕作的器械 耕作這名詞包括着許多動作。這些動作可以分做兩類：使土壤組織變鬆，(1)使土壤組織變密。(2)良好的土壤管理，第一要分析土壤的情形，藉以決定應當怎樣變更或改良；第二要選擇適宜的器械或別種處理，最直捷的和最經濟的達到這目的。用於耕作的器械很多，從最小的手工具起，到最大的機器。這些器械可以分做三類：(1)犁，(2)耙，(3)鎮壓器。下幾節要說明這些器械對於土壤所生的作用。至於牠們的詳細情形，本叢書中另有農業機械一書，專論

此事，欲知其詳，請看該書。

(四)耕 耕田用犁。犁的主要作用，在鋤起一條土壤，把牠振轉，然後覆在右邊。這工作產生兩種結果：(1)如果在適宜的土壤情形時去耕田，可以使土壤破碎；(2)把土壤一部分的或完全的反轉，底面朝上，上面朝下；地面如有殘物、雜草、肥料等，也都覆入土中。反轉的程度，過或不及都不好，最好和地面成三十到四十度的角度。

犁的所以能夠破土，因為在土條振轉時，給與土條各部分的壓力不同，趨向於使土條分做薄層，像一本書彎曲時，書頁一層層的這一層在那一層上不平均的移動着，因此應該可以把土壤很徹底的破碎了。但是破碎的程度，還要依賴於(1)土壤的情形，和(2)犁的構造。關於土壤的情形，土中水分要在最適量的時候，才能夠得着最好的結果。這種水分情形，也是最合於作物的生長。離開了這種水分最適量，那末工作的效率就要減低。測驗的方法，取一塊土壤，用手緊握，黏着而不變為堅實，並且容易破碎而不傷害土壤的內部組織的，就可以證明土中含有最適量的水分。這種最適量，在粘重土比輕鬆土重要得多。砂土即使不在水分最適量時，不大受耕的壞影響。但是在粘

土耕在飽和水分的時候，就要使土壤完全變做堅實，乾後成爲硬塊，這樣的組織，要經過許多時候才可以改善。

犁的種類很多，普通可以分做錢壁犁和鋼碟犁兩大類。錢壁犁的最重要部分是犁鏵和犁壁，都用鋼做成。犁鏵把土壤掘起，犁壁隨即把掘起的土壤振轉而覆置右側。犁壁的形狀不一，普通有兩種：一種長而斜，上部突出很少，破碎力弱；一種短而巉，上部突出很多，破碎力很強。鋼碟犁用一種旋轉的鋼製碟形物，來替代犁鏵和犁壁。這兩種犁的作用方式不同，但是對於土壤所生的結果，是大致相同的。錢壁犁似乎採用較廣，但是兩種各有牠的特殊用處。對於任何粗細的土壤，任和土壤的情形，都要用一種特殊的犁，一種形狀的犁壁，和一種耕的深度，才能夠得到最好的結果。這種事實，在耕田時，是要常常記在心裏的。

(五) 耙 土壤耕後，尚有土塊，須得再把牠耙過，弄得很碎很平。耙土的器械就叫做耙。耙的主要作用，就是把耕起的土壤破碎耙平。此外耙還有下面的三種效用：(1) 耙土以蓋種子；(2) 在地面造成一層虛土，藉以防止土中水分的蒸發；(3) 殺死初生的雜草。耙土也要行施在土中含有適

宜水分的時候，太乾太濕都不好。

耙的種類更比犁多。耙齒的形狀也有種種，還有用鋼碟來替代齒的。大都用役畜挽動。我國農家普通所用的有人字耙和口字耙，農夫立在耙上駕御役畜拖行。園藝上還使用手耙。

鋤和鐵搭，是我國極普通的農具，往往用牠們來替代犁和耙。工作雖沒有犁耙快，却比犁耙精細。畦間除草鬆土，不能用耙時，可以用鋤。鋤還可以用來作畦，壅土。鐵搭一名釘耙。牠的功用，除掘土、碎土，作畦等外，還可以收穫甘藷、馬鈴薯、落花生等土中的產物。

(六) 鎮壓 鎮壓器可以分做兩類，一類的主要功用在破碎土塊，又一類的主要功用是把過於鬆的土壤壓堅些。但是這兩類器具，都有些同樣的作用。這就是說，壓堅土壤的，也有些破碎作用；壓碎土塊的，也有些壓堅作用。鎮壓器的形式也有多種，可以分作平板和輓軸兩類。

(七) 整地 在播種前，把土壤耕耙，使合於作物生長的一種工作，叫做整地。整地的方法和時期，隨各種情形而異。大概先用犁把土壤耕翻，地面如有殘物雜草等，就隨着耕入土中。如果要在整地時施用基肥，可以把肥料在耕前散布田面，耕時也就隨着翻入土中。耕後尚有土塊，就用鋤擊碎，

同時耙平或做成畦。或耕後並不用鋤，而用耙耙碎。如果嫌土壤過於疏鬆，容易乾燥，或種子難和土壤接觸，可用鎮壓器把牠少許壓堅些。

整地後最後所成土面的形狀，叫做成形。成形的形式，有平作和畦作兩種。平坦的稱做平作。把地面作成一條一條平行的畦，畦和畦的中間夾着淺溝的，叫做畦作。平作和畦作的優劣，隨氣候、土壤、和作物的種類而異，不可以一概論。大抵平作便於工作，畦作利於排水。土壤過濕的地方，宜於畦作。

作物根的生長，限於鬆軟的表土內，若是不會深耕，必有礙於作物的生長。我國農家往往耕得太淺，通常祇有三四寸，這是應當改良的。深耕的利益的種種，重要的如下：(1)作物根的生長，限在鬆軟的表土裏，若是耕的較深，作物根可以生長的地方較多，養料的供給也較富，作物自然生長較佳，收穫較富；(2)深耕後，土壤的實質增加，對於養料的吸收力較大，如果施與比較的多量肥料，容易被土壤吸收分布，不致傷害作物；(3)深耕後土壤的容積增大，降雨時容許多量雨水滲入，作物根的蔓延區域又深，所以在乾燥的時候，不容易受旱害。不過耕的深度也不必過深，通常以五六寸

爲度。底土大都不甚合於作物的生長，所以尋常淺耕的，決不可突然耕到這樣深，大約每年至多耕深一寸。

(八)中耕 作物播種發生後，株間的土壤，漸漸固結，妨礙空氣的流通，促進水分的蒸發，雜草也漸漸發生，所以應當時常耕鋤，令牠鬆軟。這工作叫做中耕。

中耕的利益如下：(1)中耕令土壤膨軟，使空氣和水分容易流通；(2)增高土壤的溫度，因爲土壤膨軟，阻止繼續的蒸發，溫熱的損失因以減少，而一方面又容易吸收日光和空氣的溫熱；(3)土壤既然膨軟，空氣和水分容易流通，土溫又增高，可以促進肥料和土中養料的分解，並且鼓勵根的生長；(4)土壤膨軟後，對於水分及養料的吸收力和保持力均增高，所以能夠吸收雨水中的養分，並且防止土中養料的流失；(5)表面一層的土壤，已經膨鬆，成爲鬆土，破壞微管作用，令土壤下層的水分，不致被微管引力吸上蒸發，所以能夠防止旱害；(6)除去雜草。

中耕的時期，第一次大抵在作物發生本葉數片的時候。若是太早，破壞幼作物在土壤裏的安定，每致乾燥過度而枯死；況且離開整地的時候還近，土壤的物理狀態還沒有變壞，也不急需中耕。

第一次中耕要淺，恐怕搖動幼作物。第二次後，作物漸漸成長，可以漸深，即使把根截斷，也無妨害，反可以刺激根的再生力，促進新根的生長。但是最後的幾次中耕，又要漸淺，因為此時作物將近成熟，根又十分蔓延，如果深耕，必致傷害作物，並且延遲成熟作用，結果很壞。中耕的回數，要看作物的種類和當地的情形而定。中耕停止的時期，禾穀類在孕穗前二三十日；豆菽類不大需中耕，大概停止在開花前二三十日。至於蔬菜類，大都不到成熟就收穫，所以普通一直中耕到收穫的時候。

除去注意深度外，中耕還要注意下面的幾項：(1)應當選擇清明和暖的天氣，若雨天或雨後，土壤潮溼，反易凝結，溫度下降。若在很冷的天氣，也使土溫下降，阻礙根的生長。(2)應當在雜草初生的時候，方纔容易除草。(3)同時注意病蟲害和雜草的驅除。(4)不可損傷作物。

(九)客土法 土粒的粗細，影響土壤的性質極大。砂土和粘土的性質，恰相反對，各有所偏，前面已經屢次說過。若把性質相反的土壤互相混和，那末不良的性質可以改良，生產力因此增加。這方法叫做客土法。

行施這方法，第一要選擇適宜的材料。砂土用粘土或粘質壤土做客土，粘土用砂土或沙質壤

土做客土。用粘土做客土的，宜在秋冬的時候，把粘土撒布在地面，讓牠受着寒凍凍解的影響而崩解破碎，等到春天混入表土。用砂土做客土的，可在春季直接混入表土。混入的分量，看土壤的性質而定。如果表土和心土的粗細不同，那末祇須深耕，使牠上下相混，就可以達到客土法的目的。我國農家往往把土壤敷在豬舍裏，令牠吸收尿糞，然後用做肥料。如果選擇適宜的客土做這種敷墊的土壤，那末經過歷年的施用這種廐肥後，也可以漸漸地達到客土法的目的。在行施客土法時，還應當注意經濟上的關係，對於用做客土的土壤之遠近和分量，以及搬運的費用等，都須考慮。

(一〇)燒土法 在原野、牧場、林地等，土中草木根和別種有機物，錯雜蟠結，不利於作物的栽培。若把這種土壤燃燒，可以改良土壤的性質，在粘重土更加有效。這方法叫做燒土法。

燒土法比客土法所用的勞力省而效力大。牠的利益很多：(1)在粘重土，可令土壤鬆軟，改良對於空氣和水的關係；(2)在腐植土，減少過量的腐植質，而增加可用性養料；(3)除去濕地所含的有害酸類；(4)使土中無機成分，一部分變為可溶性，合於植物的吸用；(5)燒燬雜草的根和種子，害蟲和蟲卵，以及病菌的孢子等。這些利益中，要算第一種改良土壤的組織，最為重要。

燒土宜行在晚秋或早春的時候。因為此時草木枯黃，空氣乾燥，宜於燃燒。通常先把表土刨鬆二三寸深。集積成堆，把稔稈或別種廉價燃料混在裏面。點火後，更漸漸的刨土覆在堆上。火力要平均。火力的強弱要適度。堆的大小也要適宜，太大就不便於堆積。堆的內部要多空，外部反要緊密，這樣可以使堆內的熱度一律，並且可以發生強熱。

(一)土壤溫度的管理 土溫和作物生長的關係，很是重要，已經述在第四章第十節裏。所以對於土壤溫度的管理，也是很重要的。不過如果農夫採用適當的水分管理法，並且同時採用良好的方法，趨向改善土壤的組織的，那末管理土溫的問題，就自然而然的解決了。因為增加土中腐植質，使土壤的顏色變深，增加對於熱的吸收力。乾燥的虛土，不但防止蒸發，減低熱的輻射，還增加熱的吸收。排水、耕作、施石灰、和增加有機物等，維持土中水的最適量，因此減低土壤的比熱，而增加傳熱性。凡此種種，都趨向於合宜的利用溫熱。

631.6
4466

G.0757

著者: 萬國鼎

書名: 土地改良法

還書日期

借書人

東方圖書館重慶分館

分類號數 631.6

4466

登錄號數 G.0757

中華民國二十三年六月三初版

(94412.3)

農學 小叢書 土地改良法一冊

每冊定價大洋叁角

外埠酌加運費匯費

編著者 萬國鼎

發行人 王雲五
上海河南路

印刷所 商務印書館
上海河南路

發行所 商務印書館
上海及各埠

* 版 翻 *
* 權 印 *
* 所 必 *
* 有 究 *

(本書校對者周志立) 瀧

五七〇〇上(五)

✓
5
444-262

