

土壤學

下冊

儀元 植家 鄧彭 著

1951

中山大學出版組印

鄧植儀先生與彭家元先生所著土壤學，前曾用作本校土壤學講義，廣州解放前，排印了一部份，後因經費問題而中止。現在仍採用該書作土壤學主要參攷資料，特將該書繼續付印完成。但為節省印費起見，改用石印及將排印格式由直行改成橫行，分釘上下兩冊，特此註明。

亞美后印社承印
廣州德宣東路九十二號

目 錄

| | 頁數 |
|----------------------|----|
| 第十章 土壤之熱與空氣 | 1 |
| 第一節 土壤之熱 | 1 |
| 第二節 溫度變易視土層深淺與時令而異 | 2 |
| 第三節 農業植物生長之溫度 | 2 |
| 第四節 影响土温之各種情形 | 3 |
| 第五節 土壤之空氣 | 5 |
| 第十一章 土壤之有機物質 | 7 |
| 第一節 土壤中有機質之分量 | 7 |
| 第二節 有機質之變化 | 9 |
| 第三節 腐有機物之氮質含量 | 9 |
| 第四節 土層中有機質之來源與分布 | 10 |
| 第五節 有機質之效用 | 11 |
| 第六節 有機質之消失 | 12 |
| 第七節 有機質之定量 | 13 |
| 第八節 土壤中有機質之保持及增加 | 14 |
| 第十二章 土壤微生物及其作用 | 15 |
| 第一節 大生物 | 15 |
| 第二節 微生物 | 16 |
| 第三節 微生物之種類 | 17 |
| 第四節 有機質之分解 | 18 |
| 第五節 氮氣循環 | 19 |
| 第六節 空中游離氮氣之固定 | 22 |
| 第七節 土壤中有機質之分解 | 25 |
| 第八節 土壤中礦物質之變化 | 25 |
| 第十三章 土壤中之膠質腐有機質及吸收作用 | 26 |
| 第一節 土壤膠質 | 26 |
| 第二節 腐有機質 | 29 |
| 第三節 土壤吸收作用 | 31 |
| 第十四章 土壤化學成分及土壤溶液 | 35 |
| 第一節 土壤之化學成分 | 35 |
| 第二節 土壤溶液 | 41 |

| | | |
|------|----------------|----|
| 第十五章 | 土壤酸性及石灰需要量 | 45 |
| 第一節 | 土壤酸性之原因及其普通檢定法 | 45 |
| 第二節 | 土酸影响植物生长 | 46 |
| 第三節 | 石灰需要量 | 50 |
| 第十六章 | 鹼性土 | 54 |
| 第一節 | 鹼性土之分類及其生成 | 54 |
| 第二節 | 鹼鹽蓄積與妨害植物 | 55 |
| 第三節 | 鹼土之改良 | 58 |
| 第十七章 | 地方之維持 | 59 |
| 第一節 | 輪栽 | 59 |
| 第二節 | 土壤管理與改良 | 61 |
| 第十八章 | 旱農制 | 64 |
| 第一節 | 旱農制概念 | 64 |
| 第二節 | 旱農制在學理上之根據 | 64 |
| 第三節 | 氣候與旱農制 | 65 |
| 第四節 | 旱農制之其他事項 | 68 |

第十章 土壤之熱與空氣

熱與空氣，均屬植物生長需要之條件，而影響於土壤中各種變化亦不少，茲分別論之。

第一節 土壤之熱

考一般農業植物，大概於華氏表四十度以下之溫度生長之機能即停息，在四十度以上，其生長機能漸次發動，至八十度而壯旺，自八十度至百度可稱為適宜之溫，因在此情形之下發育最適宜最旺盛也。百度以上，生長漸次減少，至一百一十五度時又近於停止。溫度對於種子之發芽，植物之生長，及土壤之一切理化變化，細菌作用，均有極大關係，故土中溫度倘能以人事操縱之，確屬農業中一重要關鍵也。

土壤溫度之變遷，換言之，即土熱之增減，當視其熱之來源與去處而定，考土熱之來源有四，而放熱之法有三，分別述之於後。

(一) 太陽熱 太陽之光與熱，射至地面時，被表土吸收，晴朗之日，每平方公尺上面，在一小時內所受直射熱約為一百萬熱單位 (calories)。若此種熱量全被一方呎六吋深之耕鬆土壤吸收，則一小時內溫度可上昇二十四度半；惟至夜間土壤之反射熱亦甚大，故結果熱之留存在土中并不多。由太陽射到地面之熱，不論在何地方，均與空氣傳導性之強弱有直接關係，水蒸氣及塵埃足以阻碍熱之傳達，乾燥清潔空氣阻力極少云。

(二) 溫雨 大雨之後，土溫每每上昇，此可于春雨之後植物勃茂見之。若土中含水分百分之十，則一英寸之雨水，其溫度較土溫高十度時，可以增高六寸深表土之熱四、六度云。

(三) 地心熱 穿穴入地，每降約三十公尺，增溫一度 (攝氏)。此熱由內傳外，其量雖微，然其源不絕，亦足助長土溫也。

(四) 化學熱 植物生長時，吸收多量之熱，儲于有機質中，有機質在土中分解時，放出原有之熱，惟其進行緩慢，究能增加土溫若干，未易計算，土中細菌之繁殖，賴此熱力不少，除施用多量牲畜糞肥外，(如溫床下施用豬馬糞之類) 影響于普通土壤溫熱之變遷甚微。

表土既可以收熱，亦可以放熱，放熱之法有三：

(1) 反射熱 (Radiation) 凡有熱之物体，即有反射熱之性，土壤亦然。表土雖吸收太陽熱，然亦將熱放返空中，夜降天清，反射熱甚大，其反射熱之量，有時或多于日間吸收者。

(2) 傳熱 上面罩有冷空氣，或土下接觸較冷土層，均足令表土熱傳去，而表土溫度降下。

(3) 蒸發水氣 水需熱方能蒸發，在尋常溫度，蒸發每磅水之熱，足令八千五百磅

土降下華氏表一度。然土水之蒸發可減，而不可全免，是亦失去熱之大源也。

第二節 溫度變易視土層深淺與時令而異

土之溫度自表土而下至六呎，其變易頗大，惟自此而下至五十呎，溫度變更漸小，而有五十呎下，溫度日有常而不變。依地心熱之公法，每深約三十公尺則溫度昇攝氏表一度，以此推之， \times 萬五千公尺之下，即地心熱中點云。

路瑞士的試驗場曾研究一年之間，土中溫度之變易，其成績詳下表。土中傳熱之力緩，而土層深淺之溫度以時而變。所列溫度數為華氏表平均數，每晨于九小時檢查，其試驗地為草場。

表(54)各土層溫度之變遷

| 月份 \ 土層深 | 六吋 | 三呎 | 六呎 |
|----------|------|------|------|
| 一月 | 38.5 | 44.3 | 46.7 |
| 二月 | 37.4 | 43.4 | 46.0 |
| 三月 | 43.8 | 44.5 | 45.7 |
| 四月 | 45.9 | 47.3 | 45.3 |
| 五月 | 52.3 | 51.3 | 49.7 |
| 六月 | 63.2 | 59.8 | 53.5 |
| 七月 | 58.5 | 62.0 | 57.9 |
| 八月 | 59.2 | 61.0 | 58.6 |
| 九月 | 50.9 | 59.6 | 58.7 |
| 十月 | 47.9 | 53.8 | 56.2 |
| 十一月 | 41.5 | 48.0 | 52.0 |
| 十二月 | 33.5 | 44.6 | 48.0 |

觀左列成績可知土中之熱，每年之間，於熱層傳於冷層，俟冷層衰熱，而前之熱層或至衰冷，而又吸收他層之熱，如是輾轉相流傳，其六吋深之土，溫度最高者在六月，三呎深土在七月，六呎深之土遲至於九月，可知熱之傳導其率甚緩。

又查其表土溫度，自四月杪至五月，上旬始升至合宜於植物生長之溫度，然土壤溫度，隨緯度而殊，如我國之北方與南方較，則所差甚大，然此成績，足以表明熱在土中之輾轉傳導，與土層及深淺時令大有關係焉。

第三節 農業植物生長之溫度

農業植物生機展發，大概自華氏表四十至四十五度為始，茲舉數種普通植物生長最低最適宜及最高之溫度為例，表示於後（華氏表）。

表(55)各種植物生長之最高最低及適宜溫度

| | 大麥 | 小麥 | 玉蜀黍 | 豆 | 瓜 | 芥菜 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 最低溫度 | 41.0 | 41.0 | 49.0 | 49.0 | 65.0 | 32.0 |
| 適宜溫度 | 83.6 | 83.6 | 92.6 | 92.6 | 91.4 | 81.0 |
| 最高溫度 | 99.8 | 108.5 | 111.5 | 111.5 | 111.5 | 99.0 |

溫度之影响植物萌芽者亦非淺鮮，茲將試驗玉蜀黍於二十四小時內根鬚之發達，因溫而異之結果表錄於下。

表(56) 溫度影響根鬚之發達

| | | | | | | |
|---------|-----|------|------|------|------|-------|
| 溫度(華氏表) | 63 | 79 | 92 | 93 | 101 | 108.5 |
| 根長(公分) | 1.3 | 24.5 | 39.0 | 55.6 | 25.2 | 5.9 |

由此而知玉蜀黍根苗發達，最宜於九十二度至九十三度。

根苗之吸收水量，視溫度之高下而有差，故其生機之暢旺否亦不同，煙草及玉蜀黍等於下霜之溫度生機即息，惟冬季蔬菜如椰菜，黃芽白等，在下霜溫度仍能吸收水氣而生機活潑故植物之過霜而凋萎者，未盡因溫度太低而生機不振也。例如玫瑰，當下霜之際，空氣乾燥，表土之水氣蒸發甚速，若同時而有狂風，則蒸散更甚，其所曝露之新芽，每因所含水分蒸發而受損害，倘有他物如雪或殘葉草屑等以掩蓋其表面或包裹之，則萌芽可保存焉。

土壤之溫度，與植物生機最關重要者，莫若萌芽時代，蓋以植物當幼穉時，若溫度不宜即枯死，茲將普通作物萌芽溫度(華氏表)列後。

表(57) 普通作物萌芽溫度

| | | | | | | |
|----|--------|---------|--------|-----|--------|---------|
| 溫度 | 小麥 | 大麥 | 燕麥 | 玉蜀黍 | 豆 | 黃瓜及瓜類 |
| 最低 | 32-40 | 40 | 32-41 | 49 | 38-41 | 60-65 |
| 適中 | 77-88 | 77-88 | 77-88 | 91 | 77-88 | 88-99 |
| 最高 | 88-110 | 100-110 | 88-100 | 115 | 88-100 | 110-120 |

考一般作物生長，其養料大概多賴細菌硝化之功，如含有機質而為硝化

鹽是也。查普通土中重要細菌，其適宜生機之溫度與農作物者大抵相似，如硝化菌於華氏表四十一度以下，一百三十度以上，生機即息，而其最適中之溫為九十九度。當溫度下降，植物漸凋時，常呈氮質養料不繼之象，其理相同也。

第四節 影響土溫之各種情形

土壤之溫度，隨其本体之特性與環境之情形而隨時隨地變遷，茲分別言之。

(一) 比熱 土之比熱，即同量之土與水，增高溫一度，所需熱力之數之比較是也。欲知各種土壤溫度增加快慢之理由，當先研究各該土壤成分之比熱。考土壤所含之物質，其比熱自0.11至0.2不等，腐有機質之比熱為最高，而砂最低。又乾土之比熱，較濕土為低，以後者含水故比熱高也。粘土水分多寡，足以影響土之比熱，通論各土類比熱，粘土較砂土高，故當春令，砂土易暖於粘土，以其吸收同量之日光熱力，而溫度上升較高故也。茲將各類土與水比熱相較列表如下。¹

表(58) 各類土之比熱

| | | | | | | | |
|-----|---|------|------|-------|------|------|-------|
| | | 水 | 腐有機質 | 砂質泥礫土 | 壤土 | 粘土 | 砂土 |
| 同重 | 乾 | 1.00 | .21 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.10 |
| 同容積 | 乾 | 1.00 | | 0.11 | 0.18 | 0.15 | 0.125 |
| | 濕 | 1.00 | | 0.72 | 0.53 | 0.61 | 0.34 |

腐有機物質乾則鬆散，濕則發脹，容積無定，故難以求其比熱，表列之所謂濕土者，即浸透而無排水者也。觀上表，可知濕砂

¹ 參看 Hall, A.D. The Soils PP.122-129

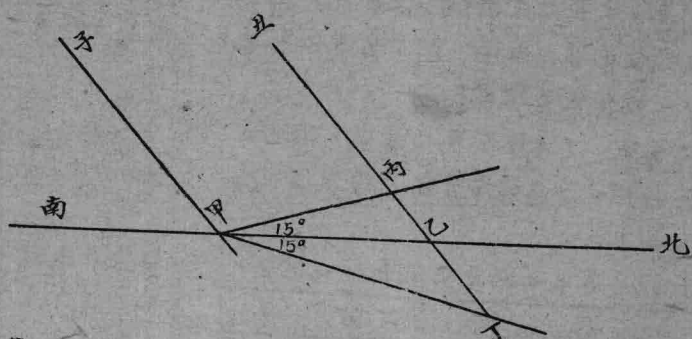
質泥礫土與粘土之比熱大於砂土者二倍。

(二) 土色 土之色澤，足以影響土之溫度，蓋以物質之色澤，對於吸收太陽熱力有關係也。黑色之物体，吸收日光熱力最大，色淡者次之，而白者又次焉。故黑色之土，吸日光熱最多，而溫度高於淡色者，試設二盤於日光下，載以同樣土，一則用炭末一層蓋其土面，一則用石灰末蓋之，斜插寒暑針於其中，溫度上升率之遲速有顯然可見者。

(三) 土之傳熱性 土壤傳熱，前節論土層深淺溫度變移已畧言之，其傳導之緩，以日月計，故土壤非善傳熱，而太陽之熱不易深入土中也。雖然不善傳熱，而傳熱度仍視其理化性質如何各有等差，大抵砂土傳熱較易，粘土次之，腐有機質土最劣。故砂土之熱比較深入，然受熱易，放熱亦易，故其冷亦較速，腐植質色黑吸熱多，然以不善傳熱，故受得之熱，祇在表層，表層下依然寒冷。又巖石礦物傳熱均易於水，而水又易於空氣，故土壤組織愈密，含氣愈少，而傳熱愈易；結構愈疏，含水愈少，而傳熱亦愈難。檢查土壤之傳熱性，可以炭烟塗黑金屬箱入土於其中，再插入寒暑表，與熱之來源相接觸，觀其達所定溫度需幾時間便得，或熱土壤，俾升若干溫度，再入此箱中，置諸冷處，觀其下降若干度需幾時間亦得。又或入土壤於長方箱中與熱源接觸，并插入寒暑表，檢其溫度，以測其傳熱速率亦是一法。土壤吸熱速，放熱亦速，濕潤土壤較之乾燥土壤放熱緩，緊密者較之疏鬆者放熱緩，此因空氣較水導熱尤難，疏鬆土壤中所含空氣較多也。

(四) 土面蒸發 土中水分蒸發時，則溫度下降，冰化為水時，每公分吸收80熱單位，水化為汽時吸收537熱單位。反之，汽化為水，水化為冰時，則放出同量之熱。水由土中蒸發時，大部分之熱耗于化水為汽，而溫度下降。土中含有多量水分時，溫度上升甚緩，稱為冷土或晚土。反之砂土含水量少，溫度上升易，稱為暖土或早土。然經排水或多量蒸發後，冷者可變為暖。粘土腐植土或未經排水之濕土，溫度常低，不適宜於植物早期之發育，寔由於蒸發作用者不少。茲再舉例以申明之，譬如每日由一方呎土中蒸發半磅之水，計需熱483.3單位，而此熱力大都取自土中，假使該項土壤為壤土，其假比重為1.25，含水分20%，則蒸發半磅水後，其溫度當降下15.5度（華氏）。但土中過剩水分既經蒸發或排洩後，土之比熱變小，溫度又易於上升。砂土因此熱小，且水分少，此所以溫度常高，傳熱亦易也。

(五) 地勢之影響 土壤之溫度，亦受地勢之影響，舉凡傾斜之地，其傾斜度及傾斜方向均與其土溫有關係焉。考北半球之地，其傾斜南向之上每較北向者之溫度高，傾氏比較一紅粘土層深三呎其傾斜南向成十五度角之土，較在平原者溫度高華氏表三度。烏尼氏研究砂土之在小邱旁，向南傾斜成十五度角之土，較向北傾斜成十五度角同類之土，溫度高一五。溫度之差如是其顯，茲以附第三十二圖而說明其理由。須知在



第三十二圖 地勢傾斜南向與北向對於太陽熱之關係

北半球，北溫帶之地，時受日光之斜射；設如圖子丑二線為一平日光，射於平原，其所照臨之土幅員為甲乙。假設甲乙之土，傾向南方十五度，則子丑之光照及甲丙惟甲丙小於甲乙之面積，以較小之面積，而受同等之太陽熱，其溫度自較高。又假設甲乙土傾向北方十五度，則其受熱之幅員為甲丁，而面積大於甲乙，面積較大，而與受同等熱力之面積小者較，其溫度必較低。又向南之土在冬季時受日光之時較長於北向者，此又當注意者也。

距水平面愈高之地，其空氣土壤之溫度愈低，惟凍害每在山谷低下之地，深秋初春之際常有之，其故何也？蓋霜之降，每以夜間天清氣靜，反射熱大，表土忽變冷，而罩蓋其上之空氣亦受影響，但冷氣重而下降，積集於深谷低陷之處，冷氣積集愈多，低地之溫度愈降，而霜遂成，惟在高地，空氣流動易，冷氣降則有暖氣來以補之，故霜不易成，亦少凍害也。

(六)中耕 中耕後土面最初之蒸發速，及表面疎鬆部分乾燥後，蒸發銳減，故可保持多少溫度。又表土疎鬆，傳熱較難，故由日光而來之熱力，能聚蓄於表土，在春初可促植物早期發芽，但在秋冬則小；然耕鬆之土壤其溫度常較未耕者為低也。

(七)有機質 土中有机質愈多，傳熱性愈弱，土壤可保持較高溫度。

第五節 土壤之空氣

土壤中除必須含有相當水分外，亦有相當之空氣，即土中空隙處，水分之外，必有空氣存在，二者之多寡，影響土性不少，若各為百分之五十時，稱為最適合云。

(一)土中空氣之用處 土中有無數細菌之繁殖，植物營養料之供給，有机質之分解，端賴細菌作用，而細菌賴空氣中之氧氣以生活，植物根部之呼吸，種子之發芽，亦需要氧氣；觀發芽時與土中二氧化碳之排出，可以知其於生理上有重大關係矣。在水分過多之土，空氣甚少，植物根部不能發達。種子腐爛，細菌作用不行，更足以證明其重要。

(二)土壤中空氣量 土中空氣之多寡以孔度與結構之如何為轉移，大概孔度愈高之土壤，論理空氣存量愈大；但土壤孔竅多者，往往含水亦多，阻止空氣之流通，粘土

與砂土即其著例也。土粒之成團粒結構者，其孔竅大，故雖有充分之水量，而空氣之位置仍屬不少。是故疏鬆之土壤，較堅密者含空氣多，富於有機質之土壤空氣多，濕潤之土壤空氣少，此自然之理也。

(三) 土中空氣之組織 土中空氣之組成，與地面空氣無大異，不過有多寡之別，碳酸氣較多，是其特性。今選錄布升高及李維氏 (Boussingault and Lewy) 分析土中空氣之結果表示如下：

表(59)各土中之空氣重成分

| 土 質 | 容 積 百 分 率 | | |
|--------------|-----------|-------|-------|
| | 二 氧 化 碳 | 氧 | 氮 |
| 砂土(森林地底土) | 0.24 | — | — |
| 壤土(森林地底土) | 0.79 | 19.66 | 79.55 |
| 粘 土 | 0.66 | 19.66 | 79.35 |
| 截石刀耕之土一年未施廐肥 | 0.74 | 19.02 | 80.24 |
| 截石刀耕之土新施廐肥者 | 1.54 | 18.80 | 79.66 |
| 施廐肥六日後砂土 | 2.21 | — | — |
| 施廐肥後十日砂土又降三日 | 9.74 | 10.35 | 79.91 |
| 廢棄菜葉肥堆 | 3.64 | 16.45 | 79.91 |

觀左表成績，土中空氣在各種不同狀況下，碳酸氣量有多寡不同，氧氣量隨碳酸氣而變，氮氣則與甚增減。

(四) 土中空氣之流動 所謂流動者，指地面空氣與土中空氣互相關換之意，此種作用，最為重要，其理由有三：(a)供給土中氧氣，(b)供給氮氣，(c)排去過剩碳酸氣。倘缺乏氧氣，植物之根與細菌不能遂其生活機能，缺乏氮

氣，細菌固定空中游離氮氣之功能不著，有過剩之二氧化碳，則不適於植物細菌之生存，是故空氣流通關係甚重也。又考土中空氣流通與下列各項頗有關係：

(1) 擴散 (Diffusion) 採集某種氣體於瓶內，若不加以阻滯，雖其比重較空氣重，必漸次擴散與空氣混合均勻。如表土中雖含有較多二氧化碳，但常因擴散作用不致存量過多；土中空氣總面積愈大，則擴散愈速。故粘土之物理學性質良好者，其透氣性往往較砂土良好，但事實上砂土透氣性良好者，或由於其他關係，非僅孔竅之一端也。又在高溫度時，空氣分子之運動力增加，故流動較速。

(2) 排水 土中水分減少，則空氣進達之孔竅增多，如是新鮮空氣流入，以補排去水之位置，植物吸收水分時，亦有同樣現象，不過效力遠不如地下排水耳。

(3) 氣壓變遷 據波依氏 (Boyle) 定律，壓力減則氣體之容積增，壓力增則容積減。土中孔竅，若一立方呎內有百分之五十，其中25%為空氣充填，所佔容積當為432立方吋。若增空氣壓六十分之一時，能由空中逼入七立方吋空氣於土內。反之氣壓減少六十分之一時，土中空氣膨脹，驅出等量之空氣於空中。

(4) 溫度變遷 氣每因溫度上升而增大容積，據氣體定律，攝氏表每上升一度，其體積膨脹二百七十三分之一。若一立方呎土壤，含有空氣之容積為432立方吋，每上升一度，其空氣體積約增加一立方吋。在春夏季時，四吋深之土，其溫度差異平均約十二度，則每晝夜間每方呎內空氣容積可變換十二立方吋。如此，則晝間土中空氣散出

，夜間溫度低時則空氣又必滲入矣。

(5) 耕種 耕種足以使土壤疏鬆，經一次犁後，土中空氣完全與地面空氣交換。

(6) 風 大風或微風吹過地面時，土中空氣隨之流動。

第十一章 土壤之有機物質

土壤為岩石崩碎風化之遺留物，若無有機質之混入，純粹之岩石粉末，不得稱之為土壤，有機質為土壤必要成分，植物之生長，與細菌之繁殖，所需要之養分及能力 (Energy) 皆利賴之，葉中養分經分解後，即可供植物之需求。此外生出碳酸氣，與有機酸，若溶解於土壤溶液，土中礦物質遇之，可助其分解，使植物得多量之養分供給。至於物理方面，有機質可使土壤疏鬆，增加保水力。總之欲土壤出產力良好，並欲保持地力者，不可不使土壤有充分有機質之供給，而犁入前作物之葉，使之腐敗，尤為要圖也。有機質之存在土壤中者，包括植物質，及動物質未經分解，與已經分解所生之各種物質而言。此中可分為三種：(甲)容易分解者。(乙)不易分解者。前者分解易，可供植物之需用，後者因其分解過緩，頗難供植物之營養。(丙)煤狀物質，此物質與營養價值，不過使土壤增其黑色程度而已。第一種為土壤中有機質最要成分，普通由一切有機肥與綠肥供給之。在同一土地，若行連作制過久，容易分解之有機質，漸次氧化與遺，卒致土壤惡化，龜裂固結，作物既難盼其相當出產，土地亦漸變為硠田，欲保持地力，當繼續供給容易分解之有機質。此外如分解過緩之有機質，所應供給者，如葉等類是也。

第一節 土壤中有機質之分量

土壤中有機質之含量，隨地而異，即在同一田地，亦有彼此不同者。普通土壤中有機質由極微量以達百分之九十。低濕之地，水草豐富，含量最多，砂土最少，但土壤中究應含有機質若干，方為合宜，則不易斷言也。一種土壤含有百分之五之有機質，其生產力不及僅含百分之二者有之，蓋分解有難易，效率自有不同，未可拘於多寡也。惟土壤之有多量有機質者，生產常豐富，此常見之事實也。考土中有機質之多寡，依各種情形而有差異，茲舉其數端如次：

(一) 水分 水分對於土中有機質之增加，可分兩方面言之：(a)助植物之生長，(b)多量水分，使有機質不易分解，積之既久，則變成泥碳，與土壤無機成分混合，遂變成泥碳土即水分適量之時，土中有機質亦不易完全分解。砂土中水分極少，空氣甚易流通，氧化盛行，故有機質之存量甚少。

低濕之地，較之高原，常含較多之有機質，因植物容易生長，有機質分解較緩也。若洪水氾濫其地，更沖積若干之木葉草莽等物質，水分既多，不易完全分解，更使有機質有愈積愈多之機會。

雨水稀少地方，土壤大都缺乏有機質，因水分過少，不易供多數植物之繁殖，即犁入土中之有機質，亦容易消失也。

(二) 原生植物之種類 草原之地，古時較現在為多，新成之地最初往往無樹木生長，只有野草繁殖其間，細根密布深達數尺，每年一部分腐敗分解，他一部殘留聚積，年復一年，土壤遂變黑色，而含有豐富之有機質量。據依里蘇大學農科曾分析三百零二個供試土，¹其表土 6.75 英寸中含有有機質 4.53%，等於每英畝四十五噸之量。此不過指丘陵地與草原地而言，依濕地未計及也。致於該供試土之底土 6.75—20 英寸間尚含有 28% 有機質云。又考俄國黑土齊諾仍 (Tchernozem) 之成因，或即與上述者相同。茲將高士的夫 (Kosticheff) 研究該土中所含草根多寡，及腐植質存量之比較列表示之於下。² (以草根為標準其量作為 100)

表(60) 俄國齊諾仍黑土中草根及腐植質存量之比較

| 土 深 度 (英 寸) | 1 | | 2 | | 3 | |
|----------------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 草 根 | 腐 植 質 | 草 根 | 腐 植 質 | 草 根 | 腐 植 質 |
| 0 — 6 | 100 | 5.42 | 100 | 8.11 | 100 | 9.64 |
| 6 — 12 | 89.1 | 4.83 | 63.9 | 5.19 | 80.3 | 7.77 |
| 12 — 18 | 66.9 | 3.62 | 48.3 | 3.92 | 70.3 | 6.71 |
| 18 — 24 | 47.3 | 2.56 | 35.0 | 2.84 | 58.4 | 5.81 |
| 24 — 30 | 47.3 | 2.5 | 26.0 | 2.11 | 38.2 | 3.57 |
| 30 — 36 | 34.6 | 1.88 | 18.1 | 1.47 | 33.0 | 3.18 |
| 36 — 42 | 23.9 | 1.29 | 6.3 | 0.51 | 16.2 | 1.56 |
| 42 — 48 | 14.4 | 0.78 | — | 0.70 | — | — |
| 48 — 54 | 6.7 | 0.36 | — | — | — | — |

以上之分析結果，可以代表半乾燥或亞潤境地之草原地。此種地方最適植物細根之深入，在潤濕境地，可見同樣之現象，不過大部分之根聚積於表土耳。而樹蔭之下，原始野草逐漸滅跡，代野草而起之植物對於土壤有機質之貢獻甚少，葉落枯枝之在地面者，往往完全氧化腐敗，或被焚去。土壤中已經聚積之有機質，則漸次受硝化及氧化等作用，而漸次低減，土壤顏色終至由黑色變為灰白色。若土壤達到此種程度時，他種樹木起而代之。此種樹木喜灰白色或缺乏有機質之土壤也如上述森林之地，其有機質低減，比較原始之草原地，常相去在半數以上，是故原生植物之過程如何，其土之有機質有密切關係也。

(三) 石灰質 土壤之富於石灰質者，大都含有多量之有機質，石灰質，有助長植物生長之效能，而於豆科植物為尤著，若管理適當，尚能防止腐植質之流失，故土壤之富於石灰質者，亦富於有機質也。

(四) 緯度 寒帶土壤通常含有較富之有機質。溫帶之地雖適宜植物之繁殖，但不適

1. Mosier and Gustafson—Soil Physic and Manangement PP. 145

2. Hilyar—Soils PP. 130

於有機質之保存。証之美國米西西比河流域風積土之分析結果，可以瞭然。據毛西亞氏 (mosier) 所述，在依里諾州內，沿米西西比河之風積土，其土質大致不差，但在南部者，所試之土，有八個平均含有機質 1.2%，而在北部者試驗之土，有四個平均含有機質 2.86% 又他種同樣土壤，在北部者往往比在南部者富於有機質云。³ 據詹尼 (Jenney) 氏之定律，土壤中有機質及氮素之含量，在一定之雨量環境下，隨溫度及日照之增加而遞減。溫度在攝氏二五度以上，有機質之分解較有機質之生成為速，熱帶土壤常超過二五度，故有機質之存在土中者少。

第二節 有機質之變化

新鮮動植物質，混入土壤後，受細菌之作用，起物理的與化學的變化，漸次分解成一種褐黃色物，稱為腐有機質 (Humus) 又名腐植質。此種分解作用，初時進行甚速，其後漸次遲緩，以至於完全停止。

土壤中氧氣之供給比較為少，故有機質之氧化未易完全，而殘留物之組成頗不一致。普通言之，氧與氮之成分隨進行之程度而遞減，惟氮與碳之比率則遞增腐有機質中之氮，因分解時外界情況不同，常比原來物質多三倍以至二十倍，碳氮比率 (Carbon-Nitrogen Ratio) 常為 10:1 云。

當腐化進行之際，由複雜變為簡單，其生成最終之物質，以碳酸氣及水為最普通。炭、或泥炭與褐炭之狀態相似者，亦復不少。此外含氮化合物分解時，生成尿酸，氮氣硝化物，與硝酸鹽等最為普通。茲將有機物分解之次序，及其生成物名稱表解如下：

| | | |
|-----------|------------------|-------------|
| 植物肌體 → | 腐植質 → | 最終生成物 → |
| 未分解之物質 | 中間物 (半經分解尚繼續分解者) | 單簡物質 (完全分解) |

此表示各種有機質，包括植物體內各種有機化合物，分解後生成之簡單或複雜物質，或

分解後再結合而成之化合物。若將各種物體以化學的方法更詳為分析，則其數不可勝舉，容另章再述 (第十三章)。惟吾人須知凡植物所能利用者，概屬簡單之分解生成物，雖中間生成物亦有能利用者，然不過少數耳。

第三節 腐有機物之氮質含量

土壤乾濕影響於腐有機物之氮質含量甚鉅，雨水稀少之地，腐有機質常較雨量多者含氮多。據希路吉氏⁵ 研究，如外

表(61) 土中腐植質與降雨量之關係

| | | | |
|--------|--------|-----------|-------|
| 土 別 | 乾旱地之土 | 乾旱地稍加灌溉之土 | 濕潤區土 |
| 腐有機物 | 0.91% | 1.06% | 2.45% |
| 腐有機物中氮 | 15.23% | 8.38% | 5.29% |
| 土中之氮 | .135% | .099% | .135% |

之土，其中腐有機物隨所在雨水之多寡而各有不同。惟腐有機物中之氮質量，則與雨量適成反比例。茲選錄其分析如左：

3. Mosier and Gustafson—Soil Physics and Management, PP.145
 4. D.W. Cutler and L.m. Grump—Problems in Soil microbiology—the Rothamstead monographs, PP. 28-29 (1935)
 5. Hilgard—Soils PP. 136-137

由此可見雨水少地方之土，雖含腐有機物量不多，然其中氮質成分較高，此由分解程序有不同云。

又據毛西亞氏⁶所述，濕潤區之土，其有機物所含之氮量殊不一致。據研究所得，草原之土壤經試二十六種平均含有機質5.1%，內中氮質約4.88%。森林地土壤經試者三十九種平均有機質1.93%，內中氮質5.09%云。

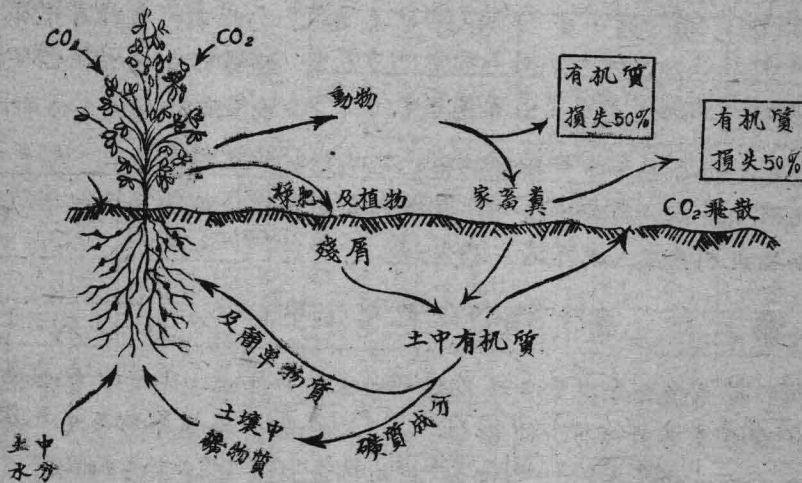
考土中腐有機物之氮質量，與其原始物之性質有關，此經士乃打氏(Snyder)研究者。茲錄其結果⁷如下：

- (1) 由肉屑而成之腐有機物 10.96% N
- (2) 由新鮮紫雲英而成之腐有機物 8.94%
- (3) 由牛糞而成之腐有機物 6.16%
- (4) 由燕麥稈而成之腐有機物 2.52%
- (5) 由木屑而成之腐有機物 0.32%

由此可見腐有機物中氮之含量，與其始原物之氮量，有密切關係也。

第四節 土層中有機質之來源與分布

土壤中有機質之來源，幾完全來自肥料，與作物之葉稈，及其殘留物。大概地面上之植物幹部墜入土中，成為表土之有機物。考有機物之量，大抵土層愈深而數量愈少，三尺以下，其量甚微。惟乾旱之境，有機物之分布較深，以其地情形適宜植物根之發達而深入土層也。



第三十三圖 土壤有機質之來源及其循環變化

低濕之土，有機物往往聚於表層，稍下則其量驟減，界線判然。森林土壤中之有機物之分布，不若草原土之均勻。沖積土之有機質之分布常被任何土為深。此外作物根

6. Mosier and Gustafson - Soil Physics and Management, P.147

7. Snyder, Soils and fertilizers, pp. 105 (1908)

之深淺，田賦之有無，其於有机質之分布，亦大有關係。今舉毛西亞氏所述⁸分析利諾州各土中有机物之成績以示其例：

表(62)美國衣里諾州各種土壤及其深淺與有机質量之比較

| 土 別 | 試驗數目 | 表土0-6.75吋 | 6.75-20 吋 | 20-40 吋 |
|----------------|------|-----------|-----------|---------|
| 棕色壤土 | 123 | 5.3% | 3.1% | 0.91% |
| 黑色粘壤土 | 29 | 7.03% | 3.58% | 1.02% |
| 黃灰色壤土 | 51 | 2.33% | 0.89% | 0.57% |
| 黃色壤土 | 35 | 1.76% | 0.69% | 0.48% |
| 灰色壤土 其下重粘底土 | 18 | 2.40% | 1.31% | 0.7% |

上列成績表示土層愈深，有机物質量愈減，至為顯明也。

第五節 有机質之效用

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

(一)團粒結構 團粒結構，為壤土與粘土之重要性質，水分與空氣之流通，受其影響甚鉅。粘土之缺乏有机物者，往往無團粒之結構，沃土可愛為硬田。但有机質一經增加，則其效力立見。

(二)保持水分 土壤中水分之保持，除增加有机質外，無較完善之法。此由於有机物質具有疏鬆之組織。若與土中無机部分混合，可以使土疏鬆，減緩毛細管水引力，並可以改善其他物理性質。砂土滲漏易而保水力甚弱，若加入相當有机質，則保水力立見增加，茲據毛西亞氏所經驗者表示其成績如下。

表(63)有机質多寡與保水力之關係

| 土壤一百公分 | 粗砂(無有机質) | 粗砂含5%泥碳 | 粗砂含10%泥碳 | 粗砂含20%泥碳 | 坭 破 |
|--------|----------|---------|----------|----------|--------|
| | 含水量(公分) | 13.3 | 18.6 | 24.7 | |
| 增加百分率 | | 40.0 | 85.7 | 200.7 | 1283.4 |

(三)粘閉(Puddling) 粘土之缺乏有机質者，其土粒不能團結，乾時易結成塊，且易龜裂，若再潤濕之，因水膜張力之關係，土粒之結合大有變動，氣孔閉塞，或減



8. 9. Mosier and Gustafson - Soil Physics and Management, PP. 148-150

少，使水分不易通過，此種現象名之曰粘閉，大凡粘土之缺乏有機質者，若過濕時，耕作最易膠結，須經長時期之天然力作用，漸漸形成团粘結構，方能恢復原狀也。

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

(五)防止由於侵蝕崩塌之損失 土壤因雨水逐年冲刷，以致崩壞，成為凹凸缺陷之坑勢，完全失却農業價值。地面流水愈多者，洗刷愈甚。大概缺乏有機質與氮質之土壤，最易冲塌，蓋有機質助土粒之团結，水分之吸收，氮質助植物之繁茂，俾生成多量有機質，以葬入土中；如是則地面奔逸之水，可以減少，洗刷自減。雖不能盡行制止，然有機質之裨益亦不少也。

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

(七)供給氮氣于植物 除施用肥料與截豆科植物外，有機質殆為唯一之氮氣給源。故土壤中若缺乏有機質，作物大都感氮氣之缺乏，生長不茂。作物之現黃綠色者，多屬此因。氮氣肥料價值較昂，普通農家限于經濟，不能多購。每畝作物所需之量，自數斤以至二十餘斤不等（參看第一章內之表）。惟豆科植物所需之氮素，可不仰給于有機質，而從空中攝取之。

(八)團結砂土粒 砂土之团結力弱，空氣易于流通，故保水力亦弱，腐植質有增進此团結土粒之功能。

第六節 有機質之消失

高原之土，其表層每英畝普通含有機質自二噸至十噸不等。此種數量，需數千年之時間，方能聚積至此。但一經耕種，則有機質之消失甚速。茲舉數端足以消失有機質者分述如下：

(一)耕種 有機質之分解多賴好氣性之細菌與黴菌，故森林地一經改變為農地，增加空氣之流通，陽光與溫度，適於微生物繁殖。據毛西亞氏所述每年土壤中有機質之損失，在棕色壤質壤土，每年每英畝損失約一千五百磅至二千磅。此中大部分由於作物之栽培，其餘則屬於天然力。試將未經耕種之草原土壤，與已經耕種之同一土壤比較，則後者比前者每英畝約減少十五噸左右。他種土壤含有機質較少，其損失量自然較少，未可共論也。有機質損失多寡，亦視所種作物之種類而有差異。作物之需要時常中耕者，需要較多之氮質，故有機質分解較多也。西北新墾諸地，往往不施肥料，而五谷豐登，數年後土性變惡，以至不能耕種，棄徙他處者，比比皆是，此或初年土中富于有機質，其後有機質消失殆盡，土壤由黑漸轉為淡白之故也。

(二)崩塌或侵蝕 土中之有機質，可因崩刷而損失，在平原之地，或保護週到之土

壤，此種損失甚少，但在高低懸殊斜坡之地，因土面水之奔流，土壤隨之崩刷，挾帶有機質而俱去，現出一部分之底土者，致一般作物栽植困難，補救之法，以維持其土之有機物為主。

(三) 地下流失 有機質分解時一部分變為溶解性之物質，當霖雨時期，其一部滲入底土而流失。此種現象在酸性土尤著。泥礫土之排出水每呈黃褐色，即溶解性有機酸有以致之也。土壤溶液中，倘含有少量之碳酸鈉，氫氣，或其他鹼性物質時，對於腐有機質之溶解為之增多云。

(四) 燒土 我國農人收穫農作物時，每將一切蕪穢盡充燃料，在兩廣當秋高氣燥之時，農民往往放火燒山，對於幼小樹木，與有機質之損失甚大。據士乃打氏研究，緬尼蘇打州 (Minnesota) 興加利 (Hinckly) 土壤，當一八九三年森林火災之前，土壤中含腐植質 1.69%，氮素 0.12%，火災之役，損失氮素計每英畝二千五百磅，約三十噸之有機質。由此可知不但地面之有機質，即土中之有機質亦多被燒失，其影響之大可見矣。

(五) 由于氧化及硝化作用 土壤之肥沃者，由于細菌繁殖，氧化作用盛行。在適宜溫度，水分，與空氣流通狀況之下，有機質消失甚速，而于耕作頻繁之集約農業之土壤為尤甚。但有機質之消失，同時生出其他物質，為植物所必需者。考生產一百斤玉蜀黍需氮一斤，小麥需 1.86 斤，稻需 1.2 斤，而此等氮質皆從分解有機質而來。但土中與作物生長時，其氮質亦易隨水流失，不可不知也。

(六) 由于施用燒石灰 若施用燒石灰 (Burnt lime)，土壤中有機質甚易消失。據美國平司混尼亞州 (Pennsylvania) 農事試驗場之試驗，施用燒石灰，經二十五年，其土中有機質較施用未燒之石灰者，每英畝少氮質 37.5 磅。其數與三十七噸半之厩肥中所含氮素相當。則燒石灰，影響土中氮質與有機質之損失量亦足注意也。

(七) 由于休閒 休閒者，無農作物之栽培，使土地休閒一季，同時土地仍加以中耕除草之謂也。在歐美雨水稀少之地常行之，其目的在滅除雜草，儲蓄水分，增加硝酸鹽之積聚，改良土壤之物理性質等，如此可使下次作物生長較為良好。但此法一行，若該地雨水多降于冬季，春季土中，由有機質分解生成之可溶性營養料，有隨水流失之虞。據傾氏之試驗在一千九百年春季，其土壤經休閒者，較未休閒者，每英畝多含硝酸鹽 245.7 磅。在雨量不多，可溶性養分不易流失時，休閒實為有利。若降雨量大多則非所宜也。

第七節 有機質之定量

土壤有機質不能直接定量，故現行間接方法，無一可稱完善者。茲將現行各法述之如下：

(一) 燃燒損失法 此法于泥礫土及砂土內含有少量化合水時，求有機質之大約數用之。取五公分乾土壤，置磁杯內燒至赤熱，使有機質燒盡為止。俟冷以數滴濃碳酸鈣