

高級農業職業學校

土 壤 肥 料

全冊（合實習）

（本書遵照教育部修訂公佈課程標準編輯）

郭 周 武 編著

旗 文 書 局

土 壤 肥 料

郭 周 武 編著

復 文 書 局

編輯大意

1. 本書遵照教育部修訂公布之高級農業職業學校農業經營科課程標準編輯。
2. 本書分兩篇，第一篇為土壤，第二篇為肥料，供第二學年上下學期授課二小時，實習一小時之用。
3. 本書第一篇土壤部份，分為五大單元，依次闡述土壤之概義，土壤之生成，土壤物理性，土壤化學性及土壤微生物。
4. 本書第二篇肥料部份；分為六大單元，依次為緒論，肥料要素與植物生長之關係，有機肥料、化學肥料、施肥基本認識、肥料施用法。
5. 本書除對理論方面詳加說明，對於應用方面亦力求切合實際，發掘問題，解決問題。
6. 土壤為人類重要之資源，而且此種資源較諸石油、水電等尤為重要，倘若土壤衰竭貧瘠甚至不能為吾人所用所享，則對於人類之影響，實不敢想像。
7. 台灣耕地面積狹小，土地利用極為集約，要想增加農產品產量，提高品質，對於肥料的適當施用是必需的，假如肥料使用不當，甚至無肥可施，而要達成上面之目的，豈非緣木求魚？
8. 本書付梓，倘能對農業教育或農業生產方面有所助益，實為編者之願也。編輯之意義即在此。
9. 本書除了供學生之學習外，亦可供農業基層工作人員之參考。
10. 編者才學淺薄，疏漏錯誤之處在所難免，敬祈專家先進多予指正。

編者謹識

土壤肥料



壹 土 壤

第一大單元	土壤之概義	1
第一小單元	土壤之意義	1
第二小單元	土壤之重要性	3
第二大單元	土壤之生成	6
第一小單元	岩石之風化作用	6
第二小單元	岩石作用之產物	12
第三小單元	土壤發育	15
第三大單元	土壤物理性	21
第一小單元	土粒分級及土粒之性狀	21
第二小單元	土壤質地	23
第三小單元	土壤重量與孔度	26
第四小單元	土壤粒子之排列及構造	29
第五小單元	土壤與水分之關係	34

第六小單元	土壤之透水性及土壤水對植物生長之關係·····	43
第七小單元	土壤與空氣之關係·····	47
第八小單元	土壤與熱之關係·····	51
第九小單元	土壤之顏色·····	55

第四大單元 土壤之化學性····· 58

第一小單元	土壤之礦物·····	58
第二小單元	土壤中元素及化合物以及化學性質·····	63
第三小單元	土壤溶液·····	66
第四小單元	土壤反應與土壤成分及植物生長之關係·····	70
第五小單元	酸鹼性土壤之改良·····	75
第六小單元	土壤膠體之種類與性質·····	81

第五大單元 土壤之微生物性····· 88

第一小單元	土壤微生物對土壤之影響·····	88
第二小單元	土壤微生物對土壤化育之影響·····	92
第三小單元	土壤微生物對無機養分之轉化·····	94
第四小單元	土壤微生物對有機質之分解·····	99
第五小單元	土壤微生物與高等植物之關係·····	105

土壤肥料



貳、肥料

第一大單元	緒 論	109
第一小單元	肥料之意義及重要性	109
第二小單元	肥料之分類	114
第二大單元	肥料要素與植物生長之關係	120
第一小單元	氮 素	121
第二小單元	磷 素	125
第三小單元	鉀 素	129
第四小單元	硫 素	132
第五小單元	鈣 素	135
第六小單元	微量元素	137
第三大單元	有機肥料	143
第一小單元	動物質肥料	143
第二小單元	植物質肥料	151
第四大單元	化學肥料	167

第一小單元	氮素肥料.....	167
第二小單元	磷酸肥料.....	176
第三小單元	鉀素肥料.....	181
第四小單元	複合肥料.....	184
第五小單元	鈣質肥料.....	191
第五大單元	施肥基本認識.....	196
第一小單元	植物營養及施肥法則.....	196
第二小單元	影響施肥之因子.....	202
第六大單元	肥料施用方法.....	208
第一小單元	施肥原理.....	208
第二小單元	施肥量.....	210
第三小單元	施肥時期與方法.....	214

土壤肥料實習 目次

壹、土壤部份 221

實習一 土壤剖面之觀察與土壤結構..... 221

實習報告..... 223

實習二 土粒分級與土壤質地..... 225

實習報告..... 229

實習三 土壤結構之差異..... 231

實習報告..... 237

實習四 土壤水分對土壤質地與結構之關係..... 239

實習報告..... 243

實習五 土壤土水之移動..... 245

實習報告..... 247

實習六 土壤酸度之測定與石灰需要量..... 249

實習報告..... 253

貳、肥料部份 255

實習一 肥料識別..... 255

實習報告..... 259

實習二 堆肥製作..... 261

實習報告..... 263

實習三 石灰需要量..... 265

實習報告..... 271

實習四 綠肥作物栽培.....	273
實習報告.....	275
實習五 肥效試驗.....	277
實習報告.....	285
實習六 主要作物施肥實習.....	287
實習報告.....	305
度量衡換算表.....	307

第一大單元 土壤之概義

第一小單元 土壤之意義

土壤 (Soil) 與人類有不可分割的關係，人類的生存、發展均非土壤莫辦，故土壤早為人類所注意，如周禮有「辨土宜之法」，孟子又謂「諸侯之寶有三，土地、人民、政事」，充分表示立國之本為土地。而古今中外學者，對於土壤之研究，以其觀點立場之不同，對於土壤之認識亦大異其趣，例如：

法羅氏 (Fallou F. 1855) 謂土壤為地殼岩石之風化生成物。此定義，對於土壤頗能扼住其要點。惜未能予以廣泛而深入。

貝嫩氏 (Berendt G. 1877) 謂土壤為地殼與大氣接觸處之風化生成物。此已指出，土壤受大氣之作用而形成。

駱庫却夫氏 (Dokutchajeff W. 1886) 謂土壤為位於地球表面或接近地球表面之物質，受水、空氣、及正在生長或業已死亡之有機體的作用加以改變者。這種認識較之 Berendt G. 又深了一層，即加上有機物之作用。

希路卡得 (Hilgard B. W.) (1914) 謂土壤為一疏鬆體，植物之根部可由其吸收養分並獲得機械支持。

由上述之各土壤學者，均未能注意土壤之本身，而偏向於土壤與岩石之關係，或僅注意土壤之功用。其後各學者不斷之觀察、研究，

而對於土壤所下之定義較具豐富內容與完整性，例如；

艾莫遜 (Emerson P. 1930) 謂土壤具有無法解釋之性質，為一種有生機之物體，此種生機因素，乃大自然所給予者。

賈斐氏 (Joffe J.S. 1936) 謂土壤為一自然體，其所含之有機物及無機物有層次之區分，其質地普通為疏鬆，深度不等，其形態、物理性、構造、化學性及生物性均因其下之母體而不同。

希格孟氏 (De Sigmond 1938) 謂土壤為獨樹一幟的自然生成物，與無生命之礦物和有生命之有機物不同，居岩石界與生物界之間，而與二者有密切之關係，並以此二者為母質。這種母質，經常受一種特殊的發育因素之作用，而生成土壤所特具的物理性、化學性與生物性的不同現象。

里昂氏 (Lyon T.L. 1952) 謂土壤為一自然體，來自破碎與風化礦物質與分解中之有機物，而覆蓋於地球之表面成薄層，當其含有適量之空氣與水分時，即可予植物以機械支持，亦可部份的給予植物的養料。

以上因各學者之觀點不同，而予以種種不同之界說，從農藝的、理化的、或地質的、博物的立場，說明土壤之概念，但總脫離不了土壤體的生成原因，土壤形態、分佈情形、組成成分、物理性質、化學性質、生物性質、土壤肥力，等等範疇之外。

綜上所述，土壤為一自然體，生存於地球之表面，成一極薄而疏鬆之覆蓋；其發育始於地球表面之生物化學的風化作用，風化的因子包括氣候、地形、生物、母質等，間或有人為因子之參與。以上各因子之單獨或聯合之作用，使土壤之發育有特定之構造，形態及生理性格，此等不同之現象可決定土壤之生產力。簡而言之，土壤是岩石受風化作用的產物，包被於地殼之外表，係由礦物質、有機質、空氣、及水分所組成，是人類栽培作物的立足點，且能供給植物生長所需物

質與養料。

第二小單元 土壤的重要性

一、土壤與人類之關係

自從有人類歷史開始，就與土壤發生極為密切之關係，直到現在為止，這種關係，更堅強不可分，美國水土保持局前副局長羅德明博士（Dr. W. C. Lowdermilk）在其所著征服土地七千年（*Conquest of Land Through Seven Thousand years*）一書中，曾說到「土地上記載着人類生活的史蹟，懂得土地語文的人，可以從殘留的痕跡中，讀出一個民族或是一種文化盛衰興亡的經過」，由此可見，整個人類的歷史，可以說是為利用土地尋求生活所需的奮鬥史。

人類衣、食、住、行，莫不直接間接取之於土壤，及土壤之儲藏物，一地區之土壤肥沃水源豐富而能善於利用者，則其地文化水準必高，如不能善加利用，則水旱頻繁，土地荒廢，民生之需求無從獲得，於是盜賊群起，禍亂無窮。

由於大地上生產的物質，不能自由流通，有些居民遭受窮困以及因此引起的恐懼，於是不擇手段地爭奪土地，以解決糧食缺乏與原料需要問題，造成國際間緊張局勢，為了爭奪這些資源，有計劃的侵略戰爭就爆發了，這種史實屢見不鮮。

羅德明博士謂近東一帶為「王國之墳墓（Grave-Yard of Empires）在7000年中，至少有11個王國連續滅亡，此仆彼起，興亡相繼。當土壤肥沃，糧食豐富，則王國興起，土壤衰竭，則王國滅亡。

由上看來，土壤是支配人類興亡，民族盛衰的決定因素。

二、土壤與農業之關係

1. 土壤是栽培作物的立足點：雖然今日科學如此昌明，絕大多數作物須利用土壤來栽培。舉凡人類所需糧食，衣被，居住，交通由植物所供給者，都必須由土壤培育而獲得。

因為土壤的種類不同，性質各異，其所適合栽培的作物亦各不相同，因此應當因地制宜，以供吾人所需。如果土壤良好肥沃，則農業必然興盛發達，社會、國家也跟着復興，反之，如土壤貧瘠，農業荒廢，必定成為歷史之陳跡。

2. 土壤之養分與水分為栽培作物所必需：作物要生長良好，產量高，品質優，必須獲得適當的養分和水分，這些水分和養分可由土壤中部份甚至全部獲得供應。

土壤養分如有缺乏，方由人類施肥以補充，而土壤之產水、蓄水更是現代農業不可缺少之資源。因為人口激增，人類為增產糧食，僅靠天然的土壤養分和水分是無法滿足需要的，除了增施肥料之外，必須蓄足水源，和開闢水源，前者如建造水庫，後者如開發地下水，此種蓄水與產水的效用非土壤莫屬。

3. 土壤供飼養禽畜：隨着人類生活水準之提高，對於乳、肉、蛋的需要益加殷切。人類自從遊牧時代即開始飼養禽畜，過着逐水草而居的生活。禽畜要賴土壤以為立足，更須賴土壤以栽培飼料作物。

4. 土壤供養殖魚類：魚類須生存於水中，而水須賴土壤之負載，故無土不能蓄水，無水即無魚類。地球上有四分之三之土載着水，這是海洋魚類的世界。小規模者闢地為塘，或蓄水為池均可養殖魚類。

三、土壤與工商業之關係

1. 土壤與商業：經由土壤生產之農產品，在某一地區有剩餘，而

另一地區呈現不足時，則因農產品的流通，而促成商業之發達。

2. 土壤與工業：

(1) 農產品爲便於貯藏與運銷，而予以加工製造，能促進工業之發達。

(2) 土壤供工業所需之動力來源：如煤、石油、水力、電力，均爲發達工業不可缺少者。

(3) 土壤生產工業原料：如鐵、銅、錫、鎳、鎢、金、鋁，等均自土中獲得。

綜上所述，土壤與人生，息息相關，休戚與共。對此種天然資源，應如何善加利用，如何予以妥善之維護，以使土壤永爲吾人所利用，所享受，以達億萬年而不衰，實爲今日之重要課題。

習 題

1. 簡述土壤之意義。
2. 土壤與人類有何關係？
3. 試述土壤與農業之關係。
4. 土壤與工商業有何關係？

第二大單元 土壤之生成

土壤之生成，包括兩個主要步驟；一爲成土母質的堆積，一爲剖面層次的演育和分化，每一步驟又包括好幾個階段，相互連續，交叉作用，可謂複雜而富變化。致成土之顏色、質地、構造、孔隙、組成分子等理化性質各不相同。

岩石的風化，提供成土母質。溫度的冷熱、風、霜、雨、雪的打擊，乾濕變化與結冰解凍等諸因子之作用，再加上各種生物的配合，結果產生了充滿奧妙的土壤。因此，風化作用是形成土壤的關鍵。

第一小單元 岩石之風化作用

所謂風化作用，就狹義而言：爲岩石及礦物在自然情況中，所遭受的物理的崩解（Disintegration）與化學的分解（Decomposition）現象。就廣義而言：在物理的變化方面，使岩石解體而成粒子，並以達到膠體態之微末程度，在化學方面，使岩石所含各種礦質物及動植物遺體所含各種有機化合物，分解而生成新的化合物。在生物方面更兼具物理與化學之作用，並肩齊進。

風化作用爲一極複雜之現象，但可分爲機械的與化學的，前者又名之爲崩解，後者名之爲分解。再加上生物求生過程之現象，始克竟全功。茲將各種因素，簡列如下表：

I、機械的因素（崩解作用）

1. 溫度
2. 冲蝕與沉積
3. 動植物之作用

II、化學的因素（分解作用）

1. 加水分解
2. 水化
3. 碳酸化及其他酸化作用
4. 氧化
5. 溶解

一、機械的風化作用——崩解

1. 溫度之變化：岩石之解體，以溫度的變化影響最大，溫度高低發生變化，即發生熱脹冷縮之現象。岩石及其所含各種礦物，各有不同的比熱和脹縮係數。如花崗岩，每一英尺長度，溫度升降 1°F 時，僅脹縮 $1 / 0.0000084$ 英寸，雖甚微小，但在高原、大陸、沙漠及熱帶地區，一日間之溫度變化，常達數十度，如此經年累月不斷，雖最堅硬之岩石，終必崩裂。同時岩石所含各種礦物之種類及數量均不一致，且顏色亦復不同，脹縮之程度自各有區別，因此更加速其崩解。

2. 結冰的作用：液體之水變為固體之冰時，其體積增加百分之九，由此而發生之壓力，每平方尺為 150 磅。若按每平方英寸計算，則為一噸以上。當岩石裂隙之水結冰時，即將裂隙擴大，以便注入較多之水，迨水之壓力大於岩石之結合力時，則岩石順着裂隙破裂成碎塊。

3. 流水的作用：河流攜帶砂礫以至大石塊，急流而進，並以砂石之稜角為工具，切寬並挖深其道路，所攜帶之砂礫又互相撞擊與磨擦，以致成為砂粒及細泥。水流之此種破壞力與其流速之平方成正比。

4. 冰川的作用：冰川在一日之內，可流動數公尺至數十公尺，因

其壓力、衝力與磨擦力極大，致使岩石或石礫崩碎。其巨大之推動力，常能填平溝谷，磨平小丘，其所攜帶之物質，包括重達數十噸之石塊，以至細微之泥沙。當冰川溶化之後，攜帶物即堆積而成新的土壤母質。

5. 浪的作用：在海邊、湖岸，終日受浪之打擊，尤以潮汐漲落之擊捲能力更大，堅固之石崖，被擊為碎塊而脫落，脫落之石塊繼續被打擊而磨為細砂。如英國大西洋海濱所受浪之壓力，每平方英尺可至三噸，岩壁被擊垮者，到處皆是。

6. 風的作用：大氣流動形成風，風對於風化作用的效力，常因風速、風向及岩石種類，地面狀況而不同。其作用情形，約可分為三種：

(1) 砂礫受風力的吹動，互相打擊與磨擦，而變為細小的粒子，沈積於地面。

(2) 風吹動土壤使之離開，使下面岩石暴露於大氣中，繼續起崩碎作用。

(3) 風吹動的砂礫，不斷打擊岩石表面，砂礫的磨損力很大，日久使表面的礦物質粒子脫離岩石。

7. 雨的作用：雨點由高空落下，衝擊力相當大，猶如一顆小型炸彈，對岩石不斷打擊之結果，使之破裂，而雨水又常搬運土壤以去，使岩石再裸露空氣中，繼續受各種因子之作用而崩碎。

8. 動植物的作用：

(1) 動物的作用 土壤中的螞蟥、蚯蚓、螻蛄、鼠、兔等翻動土壤，促使空氣、水分局動，助長風化作用。而人類之耕種、開礦、築路及各種建設之挖填，亦能助長風化作用之進行。

(2) 植物的作用 植物的根，尤其是多年生之樹木，其根部伸入岩石裂縫時，產生壓力這種壓力隨根部的粗長而擴大，經過相當時日