

書叢業農明黎

學化藝農

編鼎元葉



版局書明黎

國立中央圖書館台灣分館



3 1111 003683545

書叢業農明黎

農藝化學

編鼎元葉

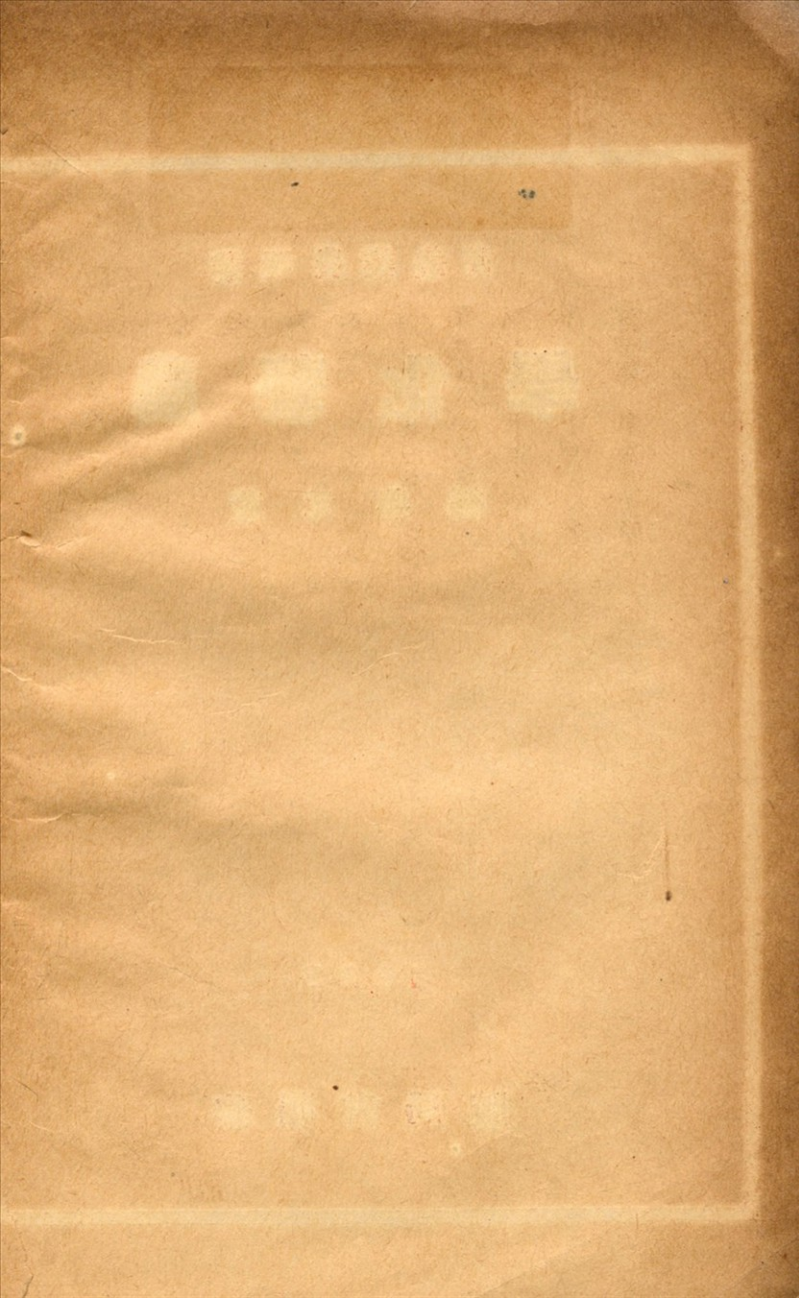


1933

黎明書局版

國立臺灣圖書館典藏

由國家圖書館數位化



目錄

第一章	緒論	一
第二章	大氣	九
第三章	土壤	一九
第四章	土壤中之化學變化	三九
第五章	施肥與普通肥料	六七
第六章	特別肥料	九五
第七章	植物之化學成分	一二一
第八章	作物之化學	一六七
第九章	家畜之化學	一九五

第十章 農業上用之雜品	二二二
選錄一 土壤化學分析法及分析結果之報告	一
選錄二 棉植之營養問題	三七
附表一 棉之用途表	四九
附表二 索引	五一

63024

T3

4840

第一章 緒論

化學與具生活機能者（如動植物是）之成長，有密切之關係，即以植物而論，植物生長土壤中，必須經過複雜的遲緩的化學變化，動植物自身之化學變化的複雜原因，（一）自身組織之複雜，（二）所處環境之複雜，（三）多種化學變化同時發生。

農藝化學者，即研究關於動植物化學變化之化學也，對於發生化學變化所處之環境，尤須時時注意及之。

化學與物理學之範圍，常互相混合，不易分別，故農藝化學亦不能例外，除物理學外，尚須注意地質、生物、礦物、黴菌等學也。

元素之已發見者，已有八十餘種，而與農藝化學有關係最密切者，約十五種，為氫、氮、氧、炭、硫、磷、鉀、鈉、鈣、鎂、鐵、矽、鋁、錳、氟等。

(氫) Hydrogen 此元素為水中之一成分，其最要化學性質，即與氮化合之力甚強，並生強熱，其與炭化合能成千百種之化合物。

(氮) Oxygen 此元素為元素中之最重要者，在地球上散佈最廣，其與他物之化合力亦為最強，並生熱或光，動植物之營養與生存，均與氮息息相關，同量之物質，不論其甚速氮化或遲緩氮化，而其所生之熱量則相同，自發燃燒之原因有三：(一)乾性油之遲緩氮化所成者；(二)因細菌而發酵所成者；(三)有一類礦物經遲緩氮化所成者，動物之呼吸作用，亦為遲緩氮化之一種。

(氮) Nitrogen 在天氣中氮所占之體積最廣，其性狀爲一種無色無臭之氣體，其最要之化學性狀即其惰性，故不易與他物化合，而氮之化合物，不似游離氮，並無惰性，且極活潑，易與他物發生化學變化，動植物身體內部之有機素，皆需含氮化合物作爲食料，故氮素乃動植物生存不可缺少之原質。

(炭) Carbon 碳在動植物中散佈最廣，炭與氫之化合物，或炭與氮、氧之化合物，對於農藝化學最關緊要，動植物身體內之成分，大抵爲(一)炭水化合物，(二)有機酸，(三)油脂，(四)炭氮化合物，(五)蛋白質，(六)醯銜 Amides (七)銜化物 Amino Compounds 以上不外乎炭、氮、氧、四種之化合也。

(硫) Sulphur 動植物體內含硫之量雖甚微，但亦爲重要成分之一，蛋白質中含之最多，其他如毛髮內皆含有之。

(磷) Phosphorus 在農業上磷酸鹽最爲重要，其量存在者雖微，但處處皆能發見，磷

之存在，如土壤中亦常見之，惟其量僅占土壤萬份之二，植物吸收土壤中磷酸鹽，待動物食之。而造成體內含磷酸鈣之骨與殼。

(鉀) Potassium 鉀之存在礦物界中尚多，而在海水中存在者亦廣，德國最著名之斯達福岩層 *Stassfurt Deposit* 為含鉀鹽之出產地，鉀之化合物，在農業上占重要位置，鉀鹽能助植物嫩芽嫩枝之發育，鉀鹽易被粘土所保留，而鈉鹽則不易保留，轉流入洋海中，是以洋海中多鈉鹽而少鉀鹽。

(鈉) Sodium 矽酸鹽內，時見有鈉鹽，以替代鉀鹽，氫化鈉即食鹽，對於動物之營養食料，關係極密。而植物中含鈉者甚少，除非海洋植物含有多量之鈉鹽。

(鈣) Calcium 鈣為散布最廣之一種原質，鈣雖為植物之一種緊要食料，但尤以其能變化粘上韌性及促進土中之硝化性，鈣之散佈於土壤中既廣矣，故不常施用含鈣之肥料，(鎂) Magnesium 鎂鹽常與鈣鹽同存，矽鹽鎂亦時見之，植物亦含鎂之化合物，惟土

壤中所存之鎂量極多，以應植物之需要。故鎂質肥料殊不緊要者也。

(鐵) Iron 鐵之化合物，天然存在甚多，土之紅色者或黃色者，即含鐵之表現，植物之需要者三價鐵 Ferric iron 但所需鐵量極微。故鐵質肥料亦非緊要者也。

(矽) Silicon 矽常與氮化合而為二氮化矽，矽，石英，燧石等，即二氮化矽也，土壤中含矽最多，能變化土壤之疏鬆性，植物內含二氮化矽者，係吸收土中鎔解之矽酸鹽而成，二氮化矽雖非植物身軀內之重要成分，但其存在能致植物且吸收多量磷酸鹽之能力也。

(鋁) Aluminium 鋁於天然多成化合如矽酸鋁，在土壤內存在者極多，黏土係陶土與半風化之長石，含有鋁質，鋁與其鹽類均非營養植物之成分，但照比國試驗，大小麥及亞麻，施以少許鋁鹽，頗有效驗云。

(氯) Chlorine 氯常與鈉化成食鹽，存在海中甚多，在土壤中亦有之，氯亦為植物體中之一重要成分，如黃茶葉者，即含氯多量之植物也，氯化鈉為動物之一種重要食料。

(氟)Fluorine 氟在土壤中成氟化鈣，(即螢石)動物之骨血尿液內，皆有之，骨灰中曾發現含有百分之四氟化鈣，植物之需氟鹽者甚少。

除以上十五種重要原質之外，尚有次要者，如硼、碘、錳、鈦、鋅、鎳、銅、鋇、砒等原質。

據美國政府地質研究所之報告，地層在十英里以內，所含各種原質之存在量，可以百分數測定之，其數量可觀下表。

	地	洋	海	平均(空氣)
	93%	7%		100%
1 氟	47.29	85.79		49.98
2 矽	27.21	—	—	25.30
3 鋁	7.81	—	—	7.26
4 鐵	5.46	—	—	5.08
5 鈣	3.77	0.05	—	3.51
6 鎂	2.68	0.14	—	2.50
7 鈉	2.36	1.14	—	2.28
8 鉀	2.40	0.04	—	2.23

9	氫	0.21	20.67	0.94
10	鈦	0.33		0.30
11	炭	0.22	0.002	0.21
12	氫	0.61	2.07	0.15
13	磷	0.10		0.09
14	錳	0.08		0.07
15	硫	0.03	0.09	0.04
16	矽	0.03		0.03
17	鋁	0.03		0.02
18	氟	0.02		0.02
19	氯	0.01		0.01

若照原子價計算之計十萬原子中有下列原來原子數之比率，包括十英里地層洋海

與空氣。

1	氫	54.684	4	鋁	4.707	7	鐵	1.588	10	炭	324
2	氧	16.455	5	鎂	1.822	8	鈣	1.537	11	鈦	110
3	矽	15.818	6	鈉	1.735	9	鉀	1.001	12	氫	68

農 藝 化 學

八

13 磷
14 鹽

51
26

15 瘰
16 硫

25
23

17 氟
18 銀

17
4

19 路

4
100,000

第二章 大氣

空氣能致土壤、溫度、氣候、三者時時變遷，故欲研究動植物生活之化學變化，必須有充分空氣之智識。

在海平面線上空氣之壓力，每方英寸得 14.75 磅，Herschel 氏計算空氣全部之重，等於地球十二萬分之一之重，空氣密度與其高度適成反比例，高至五五二〇公尺處，其壓力僅及海平面線壓力之半，若達一一〇四〇公尺，則其壓力僅得四分之一，簡言之，每上九百英

尺，氣壓表則降下一英寸。

由隕石之發光及日光之反射，測知空氣之存在，約在地面上二百英里以內，空氣壓力與時日及風勢而變遷，約而言之，赤道與兩極平均氣壓較小，在赤道之南，與赤道之北，平均氣壓較大，再每日氣壓上午三時與下午三時為最低，上午九時與下午九時為最高。

乾燥之空氣，為透明無色的，能將太陽之熱透達於地面，但空氣中之水分或固體物能吸收熱氣，其尤著者為雲，當空氣每上升三百四十英尺，能冷却攝氏熱力一度，空氣之比熱為○·二四。

下層之空氣，平均熱度變動極大，因為地球，（一）緯度之高低，（二）水陸之遠近，（三）地勢之高低，（大概每高三百五十英尺，約降低攝氏熱力一度）但有時亦有上下，惟高至九英里處，空氣熱度常在 15° ，因其處空氣停止流動，熱度故無出入，若再升高，則空氣成分變動極速，熱度亦逐漸變化矣。

〔空氣之成分〕空氣成分多係氣質，如氮、氧、氫、二氯化炭、水蒸氣、鹵精、硝酸、及臭氣等，並含固體物如泥粒、黴菌等。

(氧) 氧在空氣分量最多，納占全容積百分之七十八，或全重量百分之七五·五，氧之功用，僅為稀薄空氣中氮者也，故氧在空氣中並無何種顯著之化學反應。

在工業上之高溫爐中，能使氧與炭連合而生青化物。故在空氣中運用電力而生高熱，而使氧與氮化合成為氮化氧及硝酸。

空氣中之氧素，以電力或燃燒而消散者，即為動植物腐爛時所生之氧補充之。

(氮) 氮在空氣中，分量亦多，約占全容積百分之二一，或全重量百分之二三·二，氮在空氣中最活潑，能與種種物質氮化，俱其氮化所消散之氮氣，即以植物吐出其遺棄之氮補充之，但城市中空氣之氮，較鄉村中為少，卑隰地方之氮，亦較他處為少。

空氣愈高，其中重量原素愈少，故氮於空氣高至六十二英里之處，僅占千分之三，大多

數爲氫，約占百分之九五·一，及少量氫氣，約占百分之四·六。

(氬) Argon 氬於一八九四年爲 Lord Rayleigh 及 Prof. Ramsay 所發現，係一種極不活潑之氣質，在空氣中分量約占全容積百分之〇·九四，全重量百分之一·三，與此素相同及發現者，有氮、氫、氫、氫等，占空氣中極少數且具化學惰性。

(二氧化碳) Carbon Dioxide 二氧化碳在空氣中，分量雖僅占全容積百分之〇·〇四，但對於植物生長極有關係，其量在空氣中因燃燒與腐爛兩種變化而時時變遷。

在曠野無人烟之處，空氣中之二氧化碳，占百分之〇·〇三三，在城市中或製造廠附近地，其量漸多，或竟超過百分之〇·〇四以上者。

在鄉間夜中空氣二氧化碳量，較日中爲多，但於洋海之上，無有日夜之上下，其量上下之原因，係由植物吸收二氧化碳之故。

然空氣中二氧化碳量增加之原因，不外以下四大項。

一、由火山，深泉地中，所射出之二氯化炭所致者。

二、由含炭物氯化，如動植物呼吸及腐爛，柴料之燃燒所致者。

三、由碳酸鹽用熱力分解所致者，如製造石灰時，生多量二氯化炭。

四、穀類動物將重碳酸鈣分解，而生二氯化炭，所剩之碳酸鈣造成其殼甲所致者。

炭量在空氣中減少之原因有三。

一、由植物依光熱而吸收空氣之炭，以作營養之品所致者。

二、由岩石受天氣之風化所致者，如長石 *Felspar* 因天氣之侵蝕，而分解成爲陶

土 *Kaolin* 卽一例也，其化學程式如下。



三、由碳酸鹽吸收二氯化炭而成重碳酸鹽所致者。

(礆精) Ammonia 空氣中含礆精之量雖微，但其對於農業之緊要，亦多足述者。此物之存在，大都皆成碳酸銹，亞硝酸銹，及硝酸銹，其在空氣中分量，隨地而異，大都近城市為多，在曠野為少，高處多而低處少，天陰時多而晴時少，六月為多，而二月為少。

雨水中常見多量礆精、硝酸，及固體物，冬季之雨水所含之礆精常較夏季之雨水為多，考其原因，實因礆精之溶解度在冷水中，較在熱水中為大。

按 Levy 氏在孟德索里地方觀察十六年，雨水中礆精，平均約百萬分之二·二，而 Ingle 氏，雨水中所含之氧化化合物量與雨量之多寡成一反比例。

(硝酸) Nitric Acid 空氣中多含硝酸鹽，而尤以硝酸為常見，硝酸物之存在大都為纖細之固體，浮泛於空氣中，惟在三千公尺以上之高空氣中，則罕見之，因致成硝鹽之雷電，皆發生於三千公尺高以下也，空氣之硝酸量極微，不易測驗，惟由雨水溶解後而質濃乃可測驗之，熱帶之雨量較溫氣雨水所含硝酸量為多，英國雨水含帶礆精之氮素百萬分之〇

• 四二六，及硝酸鹽之氮素百萬之〇・一三九，每英畝每平約得氮素三・七四磅，日本及紐西倫之試驗，亦與其相彷彿。

(臭氣)Ozone 臭氣為氮之同素體，有強氧化性，其量在空氣甚微，通常鄉間空氣中含臭氣之量，其重約為大氣之 $\frac{1}{450,000}$ ，然當大雷雨時，則其量增多，城市中臭氣極少，空氣中如含多量臭氣，空氣必甚清潔，因臭氣具有殺盡空氣中微菌之能力。

臭氣之成因學說甚多；有謂乃由植物中吐出者，因在植物繁盛之區，空氣中臭氣必較多，晝間為多，夜間較少。

(硫酸)Sulphuric Acid 空氣中之硫酸氣，特別如在城市中或製造工廠附近之處，由氣質而變流質，有害植物之生活，空氣硫酸之由來，大都從煤炭燃燒而來，其少數動植物腐爛所致，其亞硫酸量約占每 1000c.c. 空氣中有一毫(Hg)，霧天更較此量為多，城市空氣硫酸有礙於植物生長之原因，臚列如下。

一、減少日光之強度，較曠野減少百分之五十。

二、增加室中之亞硫酸，無風之天較有風多一二十倍，有霧之天更多。

三、造成酸性之雨水，有霧之天，草上露水，含硫酸竟增至萬分之四，減少作物收量，釋放土中化合氮素，及殺死土中硝化細菌。

空中尚有極細之腐爛性有機物質，由動物所吐者，或由植物霉爛所成者，人們再吸入肺中，易起不良效果，如擠密室中所見者。

(固體物)空中除含上述各種氣體外，尚有浮塵細菌等物，測量空中細菌之法，將一定量之空氣，置入一含細菌養料之玻管內，並置入孵化器中，使其生殖，數日後，取出而考驗其生殖地之數，此數即一定量空氣中所存細菌之數，細菌以近地面為多，愈高則愈少。

地面上之泥沙因風力而飛散於空氣之中，故空氣中所含之固體物種類繁雜，而性狀又各不同，故海濱空氣中因海水之飛濺，含有食鹽，可隨降雨入土中，離海遠者，雨水中僅見

氫素，並非食鹽，空中食鹽由降雨入於土中，每年每英畝可達十至三十七磅，英國施密氏考得空中固體物由海加入土中，氯化鈣（石灰）約百萬之一、五、及氯化鉀百萬分之一，至於內地空氣罕有見之。

（灌溉用水）植物生長於旱地，用水灌溉，以救其弊，實農業上一極重之問題，灌溉時所用之水合宜與否，對於植物之生長繁殖，確有極大之關係，水中若含鹼性物者，最不宜用作灌溉，設用鹼性水灌溉，則土壤將變成一種鹼性土，此項鹼性土，能妨阻植物之生長，但植物能受鹼性量之程度，隨植物種類而異，而大概鹼性物中，碳酸鈉為害最大，氫化鈉次之，硫酸鈉最少，含氫化鈉或硫酸鈉之土壤，常稱之謂白鹼土，而含碳酸鈉，稱之謂黑鹼土。

下表表明含鹼性物之土壤，對於各種植物不生危害之最高限度，每英畝四英尺深土所含磅數重量。

第三章 土壤

土壤者，乃岩石分解後在地面上一層覆蓋物也，在適宜之氣候，時具繁殖植物之機能，土壤之厚薄，以風化與冲刷程度而變遷。

在氣候溫和與雨量適度之地，土壤之深度，雖下層岩層之距離，約在數尺以上，但有時因種種情形，土壤之深度，達三四十尺者，或僅達數寸者，或在含石灰石之地，雨水盡量冲刷，其中之碳酸鈣，而餘薄層之含沙土或黏土而已。

土壤雖為礦物質聚成，惟其亦含若干有機物質，微菌、水分、與氣體，凡可耕之土壤，其深度約在九寸與十二英寸之間，以下為底土，底土色澤較淡，有機物較少，其所含之物，皆未完全氮化。

土壤既為礦物組成，故礦物與地質為研究農藝化學之輔科，不可輕視者也。

「礦物」礦物之意義有二，一為形容無機物之意，如土壤多含礦物成分，其正確之意義，乃指一種特殊之物體而言，故礦物之定義，為其一定之化學成分，與一定之形態之一種固體，惟其中所含成分，有時變遷，如鉀長石漸變為鈉長石， $(K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \rightarrow Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2)$ ，方解石漸變為碳酸鎂石， $(CaCO_3 \rightarrow MgCO_3)$ 。

對於農藝化學有關之礦物，可分六種，茲一一說明如左。

(一、石英) *Quartz* 石英在地面上散佈最廣之一種物，其成分為二氯化矽，常存在於花崗岩與其他火成岩中，不能溶於水，當不被水沖蝕，惟因水而能使其與他同生之易溶

性礦物分離，乃成小粒之石英，石英之存在量雖甚多，但非植物之營養成分。

(11、長石) Felspar 長石之種類甚多，有以下之數種。

I、鉀長石 Orthoclase, $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

II、鈉長石 Albite, $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

III、斜長石 Oligoclase, $2(Na_2 \cdot Ca)O \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

IV、灰長石 Labradorite, $(Na_2 \cdot Ca)O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$

以上四種之中，以鉀長石為最普遍，常生於花崗岩、片麻岩、黑花崗岩等中，長石雖其性甚堅，但甚易受風化而崩裂，含二氯化炭之水，最易分解之，能驅除其中之氟化鉀與一部分能溶解之二氯化矽，所剩者為黏土或稱陶土， $Kaolin \ Al_2O_3 \cdot 2H_2O \cdot 2SiO_2$ 雖陶土中無鉀鹽，但常有鉀鹽餘留其中，故土壤中常具鉀鹽，以備植物吸收，考其來源，要皆由長石分析而來。

(三)、雲母石)Mica 雲母石成分爲 $3Al_2O_3 \cdot K_2O \cdot 4SiO_2$ ，但有時常含多量氟化第一鐵，或微量氟化鎂或氟化鈉或氟化鈣，此種礦物常生存於花崗岩與片麻岩之間，亦由風化作用而由岩石中分析而出，惟不似長石之容易，其中所含之鉀鹽、鈣鹽、鐵鹽，三者爲植物營養之必需品。

(四)、碳酸鈣)Calcium carbonate 此種成分之礦物在地面上存者甚多，有結晶體式者，如方解石與霏石，無結晶體式者，如白堊、石灰石、與大理石，以上各種礦物之成分，要皆碳酸鈣，惟有時含有鎂、鐵、或錳等素，代替鈣素，此種礦物亦含有幾成磷酸鹽，故碳酸鈣礦石確能供給植物之主要營養料。

(五)、矽酸鎂)Silicates of magnesia 矽酸鎂礦石存在者亦多，如滑石、石鹼、石角閃石、石綿、斜輝石、綠泥石、橄欖石等，皆屬之，有數種礦石，尙含鋁、鐵、鈣等素在內。

(六)、黏土)Clay，黏土之純潔者爲陶土，普通黏土常含鐵鹽，有時亦雜以散碎之

長石，因之黏土中常含多量鉀鹽，以供植物之營養。

(七、岩石) Rocks 地球之最初時期為半流動體，以後遇冷，漸凝聚而成固體，故地球之表面，已經千萬變化，初為堅硬之火成岩，待後漸受天氣之侵蝕，而成雜石塊，此項雜石塊經久年，亦復能成為岩石，再復經侵蝕，仍成雜石塊，今日地球上之岩石，照其成因可分為三大類。

1、火成岩 Igneous rocks

(a) 深造岩 Plutonic rocks

(b) 火山岩 Volcanic rocks

11、水成石 Sedimentary rocks

(a) 由機械的沈澱者

(b) 由化學反應的沈澱者

三、變形石 Metamorphic rocks

第一類之岩石，性皆堅硬多含矽酸鹽，多具結晶體，皆由鎔形受冷卻凝結而成者，第二類之岩石皆在流水堆集而成者，第三類之岩石乃經高溫與高壓變形而成者。

屬於第一類之岩石，大都皆為最古之岩石，而均含二氟化矽或矽酸鹽，如花崗岩、正長岩、玄武岩、閃長岩等是也，火成岩經天氣之侵蝕，而成粹粒，乃被流水冲刷，達於洋海，堆集而成所得第二類之水成岩也，水成岩又可細分為三大類。

1、普通砂岩及礫岩 Sandstones, Conglomerates, 此類岩石之重要成分為石英，並混有多量長石與雲母石，其膠接物大都為碳酸鈣、黏土、氟化鐵，或能溶性之二氟化矽。

11、泥板岩或黏土 Shales or clays 此類之岩石，要皆為陶土所組成，惟含細微之砂粒與多量之氟化鐵。

三、石灰石，此類岩石中，白堊與碳酸鎂石皆屬之，其重要成分為碳酸鈣，惟其他如氮化鎂、二氯化矽、鐵鹽、鉛鹽、磷酸鹽等皆含有之，其量則隨地而異，除上述之外，尚有其他種巖石，由沈澱而成者，（一）為碳酸散失所致，如凝灰石、石灰華，（二）為水分蒸發所致，如石膏、岩鹽及德國鉀礬，由動植物而成者，（一）為動物所致，如鳥糞石、骨石，（二）為植物所致，如煤、褐煤、及泥煤等。

第三類之岩石，包含火成岩與水成岩兩類之性質，多數變形岩係從水成岩以高溫或高壓所致成，皆結晶體，且堅硬如火成岩，如砂岩變成石英岩，泥板岩變成石板，或片麻岩，石灰石變成大理石。

〔土壤之成因〕土壤成分中之無機物，皆由岩中不溶性之成分，受風化作用，分解而殘留之成分，堆積於大地上，而成土壤之重要成分。

火成岩被天氣之侵蝕，其一部分之成分即浮沈於流水中，借流水之轉移，而移至他處，

漸漸沈澱而存積，乃成砂岩、泥板岩、石灰石等，其可溶性之物質，如碳酸鉀、碳酸鈉等，則隨水而遠去。

所遺留之砂岩再因他種原因，分解而為砂，為長石、雲母、氯化鐵、黏土等，即成爲一種體輕鬆而少植物營養物之土壤。

至於泥板岩重經分解後所得之物質，為黏性含水之矽酸鈣，即常見之重性黏土也，此項土壤具多量鉀鹽，惟缺少磷鹽與鈣鹽。

若論及石灰石分解後所得之結果，則其中碳酸鈣，大都皆與二氯化炭，成爲重碳酸鈣，乃溶於水而流去，所殘餘者僅砂、黏土、養化鐵而已，故由石灰石所成之土壤，反缺鈣鹽，有時還須人工加入。

自生土壤 *Sedentary or indigenous soils* 者，乃本地岩石分解而成之土壤也，其肥分程度，全係其處岩石所蓄積之植物營養料也。

遷移土壤 Transported soils 者，乃他處岩石分解後，由原動力遷來所成之土壤

也。(一)水力，由水之流動，挾高處之泥砂，遷移低處，故平原之土壤，常較山地為肥沃，因各種岩石所分解而成之土壤，皆匯聚於此，其中成分常較一種岩石所分解而成之土壤種類為多。(二)冰力，冰山推動時，常帶有多量泥沙與石塊。(三)風力，在海岸上堆積之砂層，遠地火山噴出之灰燼，即由風力而來者也。

土壤之成因，泰半係由下列之各種主動力所致。

(一)、水)由水主動之法，可分以下四項。

(a)機械的主動 水流中之石卵與石塊，具刮擦水底岩石之能力，上流之水，流動甚急，因此種刮擦能力，乃將上流水底之岩石，刮擦成爲粉末狀之泥沙，流至下流而堆積之。

(b)冷結與熱融的主動 吾人確知水結冰時，其容積必較水大十分之一，其擴展力甚強，即石之堅亦不能抵抗之，故岩石崩裂，因此種能力所主動者，爲常見之事，在天氣和暖

之時，山石之裂隙中。其爲水之存積地，一俟天寒，水之外層，卽堅結爲冰，嗣後內部之水亦冷却，漸結成冰，至全部結爲冰塊時，其容積必漲大十分之一，而其擴大力，能使岩石小隙崩裂而成大隙，天氣轉熱，大隙中又裝滿流水，再轉冷，則又結爲冰，而成更大之隙，於是凝融交作，至數百次後，雖堅硬之岩石，亦必一變而成碎塊，常久凝結，其崩裂岩石之作用，尙不似忽冷忽熱之爲厲也。

除冰之擴大力分解岩石外，尙有一種水之結晶力，水於結冰之時，須維持其原來結晶狀態。常見山巖旁砂土，寒夜，結有苔狀冰花，呈其稜角之晶體，有時能高達數寸，並可挾起石卵與碎片，亦離地約二三英寸，此種水之結晶力，在於分解小碎石片及土塊較爲重要。

(c) 冰山的主動 冰山亦爲土壤成因主動者之最重要之一，冰山推動時，能致巖石碎裂，或研成粉末，並能轉移已碎之巖石遠達數百英里。

(d) 化學反應的主動 前章已述及長石受化學作用，而變爲陶土而分解，其他如不

溶性之礦石，變爲能溶性之礦石，而被水流所轉移，如碳酸鈣本爲不溶於水之物質，吸收空氣中二氯化炭，卽一變而爲能溶性重碳酸鈣，總之水因其具特殊之溶解性，故爲土壤成因之最要媒介物。

(二、空氣)空氣爲主動者，可分爲二大類。

(a)機械的主動 在多山之地大風能吹折山石之凸者，或風中之泥沙，能將所過山石磨碎，故常見砂石之因大風之浸刷，而成特異之形態。

(b)化學反應的主動 多種巖石皆含低價氯化金屬，如氯化第一鐵之類，在空氣中此種氯化物，能吸收空氣中之氯氣，一變而爲高價氯化物，當氯化之時，其色彩因之而異，其容積亦必較前不同，故岩石亦因之而碎爲粉末，含水蒸氣之空氣，且能氯化硫化金屬，如硫化鐵等。

(三、蚯蚓)蚯蚓具造成與變化土壤之能力，因蚯蚓能將底土移置表土之上，因之表

土即變爲鬆而多孔之土壤，並能將植物之殘根等化爲腐爛有機物，其造成之法，要爲運輸地面上之殘根與葉至其穴中，或爲被蚯蚓所食，一俟遺出，即成腐爛有機物，此項由蚯蚓造成之腐爛有機物及表土之運輸在土壤中，每年之產量，每英畝十噸以上，即每年土壤因蚯蚓將小石片及有機物之埋集於土中，能增高十分之一吋，每英畝內，當有蚯蚓二萬五千頭，此種大都產於溫帶土壤中，在熱帶土壤中，則多白蟻，其功用與蚯蚓相似，白蟻之遺糞堆集時，能竟達三四尺之高，如此種遺糞混合於土壤中時，則成爲極肥沃之土壤，較普通之土壤，多含四倍之氮素，四倍之鉀鹽，六倍之磷酸，並有多量鈣、鎂等鹽。

(四、植物)植物之生長，關於土壤成因的主動，可分爲二項如下。

(a)機械的主動 植物之根，伸入土壤時，能致土壤鬆而多孔，水與空氣，乃因隙而佔有之。

(b)化學反應的主動 當植物生活之期，其根部常放出多量酸性液體，此酸性液體

具溶解岩石成分之能力，當植物既死之後，則腐爛而生酸，苔酸與二氯化炭，皆具變化岩石之能力。

(五、微菌)植物之需腐爛有機物，爲其營養品，人皆知之矣，有一種微菌在岩石之上，於極低之溫度時，亦能生活，能吸取空氣中之磷精與酒精氣，並能吸取碳酸鹽中之炭素，以作生存，其經過其身體內部而遺棄者，即腐爛有機物也，如地衣與藻類，能可生存於完全無機物質上，皆由其附生之微菌，吸收空氣中之氧素，而生存者也，此種植物腐爛後，亦即變爲腐爛有機物，而供高等植物之吸食。

〔土壤之成分〕土壤的成分，可約分爲四大類。

- 一、砂，(要皆二氯化矽，以微量長石、雲母石、石灰石之粉末。)
- 二、黏土，(要皆陶土混以長石之粉末。)
- 三、石灰石粉末。

四、腐爛有機物，（要皆土中有機物腐爛而成者）

（砂）由化學作用方面立論，砂在土壤中並無特異功用，因非爲植物之營養料故也，與物理作用方面立論，則砂對於土壤確具重要之功用，因砂之存在，能變化土壤之結構，土壤結構之不同，關於植物之生長，實較土壤中之化學成分尤爲重要。

土壤學中輕土壤“Light”，與重土壤“Heavy”之意義，並非指土壤體積輕重而言，乃指土壤黏韌性與團結性而立論者也，石英之比重爲 2.65 ，黏土之比重爲 2.80 ，腐爛有機物之比重爲 1.3 ，惟考其顯著之比重，則其數較實數爲小，石英爲 1.449 ，黏土爲 1.011 ，腐爛有機物爲 0.335 ，其減小之原因，乃微粒之孔隙間，其有空氣之存在故也，物質愈鬆，則兩種之比重之差愈大，凡空氣疏鬆土之比重的爲 1.3 ，而其實在之比重約爲 2.5 ，土壤之成分，以砂爲最重，而腐爛有機物爲最輕。

砂在土壤中具有以下四項之功用，（一）疏鬆土壤，（二）速水之排洩，（三）導熱甚易，（四）

比熱甚小，易使土壤吸熱，並易使土壤散熱。

各成分在土壤中之比熱列表以明之如左。

相等重量

相等容積

水

一·〇〇〇

一·〇〇〇

腐爛有機物

〇·四七七

〇·五八七

黏土

〇·二三三

〇·五六八

碳酸鈣

〇·二〇六

〇·五六一

石英

〇·一八九

〇·四九九

乾燥土壤平均比熱約在〇·二〇與〇·二五之間。(相等重量)
各成分在土壤中之熱傳導度列表以明之如左。

乾土

濕土

石英粉

一〇〇

二〇一・七

泥炭粉

九〇・七

九四・三

黏土粉

九〇・七

一五五・六

白堊粉

八五・二

一五三・二

土壤之熱傳導性，對於粗粒或緊密之土壤，其熱傳導性愈強，土壤中含水分多者，其熱傳導性亦強，故不易傳導性者，要因孔隙間空氣之妨阻所致。

各土壤成分聚水量之不同，其差甚大，茲百分重量之各種成分，含水量之多寡說明如左。

砂百分能聚水至二十五分。

黏土百分能聚水至七十分。

碳酸鈣百分能聚水至八十五分。

腐爛有機物能聚水至一百八十一分。

土壤聚水能力，土壤愈細，其能力愈大。

土壤中並亦有砂之存在，而砂對於聚水或傳熱，關係密切，故確為土壤中一種重要成分。

(黏土)黏土乃指一種不含大塊岩，而具黏性土質的淤積，按物理的分析法，凡土壤粒之直徑在 $\cdot 0\cdot 01$ 厘(mm)以下者，謂之黏土，按化學成分而立論，黏土乃含水之矽酸鋁， $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 。

黏土中所含之已分解之矽酸物，如鉀鹽、鐵鹽、鈣鹽等，皆為植物之營養素，黏土之保持力，能將水分與他種易溶性物質，維持於土壤中。

若將黏土中之水分以高熱驅除之，即變為不易透水之物，例如磚瓦片陶器等件，農家燒土之作用，要皆將土壤中氯化第一鐵，變為氯化第二鐵，改良其物理的性質。

(石灰石)石灰石中之鈣鹽鎂鹽及磷酸，爲植物之營養料，再其能(一)膠狀之黏土沈澱而淤留，(二)中和土壤中之酸質，而成無害物，(三)促成硝化。

(腐爛有機物)腐爛有機物以土壤中爲一種緊要之成分，其體積輕鬆，比熱甚高，能保持多量水分，其色暗黑，易於吸收多量之太陽熱力。

腐爛有機物在砂土能膠砂粒多蓄水分，在黏土反能減少其黏團性。

其化學成分極複雜，學者尙未能完全了解，但其中氧素約占百分之二·五至四，然其確切成分，要爲動植物腐爛機所成各種變化之有機物質，包有鉀、鈣、磷、硫與鐵，其最要成分爲苔鹽 Humic acid $C_{20}H_{18}O_6$ ，而致成腐爛有機物者乃細菌與黴菌是也。

[土壤之分類]農學家將土壤可分爲六大類如左。

(1)砂質土壤 Sandy soils 含黏土不過百分之十，碳酸鈣不過百分之三。

(11)壤土 Loams 含黏土在百分之四十至百分之七十，碳酸鈣不過百分之三。

(11) 黏質土壤 Clay soils 含黏土在百分之七十至百分之九十五，碳酸鈣不過百分之三。

灰泥土壤 Marls 含碳酸鈣在百分之五，至百分之二十，其餘皆為黏土。

石灰質土壤 Calcareous soils 含碳酸鈣在百分之二十以上者。

泥炭土壤 Peaty or Humic Soils 含腐爛有機物在百分之二十以上者。

〔土壤之色澤〕土壤之色澤，視含腐爛有機物、氮化鐵、水分三者之多寡而定，含多量腐爛有機物之土壤，在潮潤時為黑色，在乾時為灰色，含氮化鐵之土壤，其色澤為淡黃或紅棕色，紅色土壤，較黃色土壤為肥矣。

〔土壤之氣味〕當土壤着濕時，有一種奇特氣味發生，是為土壤中發揮物質所致，但其量尚不多，據人研究，黏土若在濕潤境遇，其中發揮氮素化合物則漸漸消失矣。

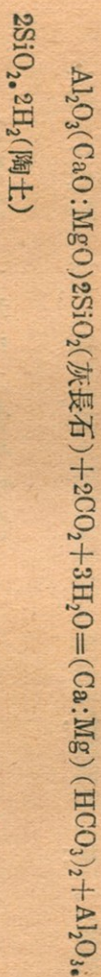
農藝化學

第四章 土壤中之化學變化

土壤中化學變化甚多，且極複雜，吾人對於其智識，又極幼稚，茲僅能分爲：(一)無機物之化學變化，與(二)有機物之化學變化二大類，以說明其中之動作及感應。

(甲)無機物之化學變化：土壤中無機部分之變化，較其從岩石分解之變化，受制於空氣與水分之作用，如同一轍，惟因土壤中分解有機物供給二氯化炭較多，故其起化學變化或應加速，小片礦石中之氯化鉀、氯化鈣、氯化鎂等，因此而易於溶解，如 Al_2O_3 、 K_2O 、 $CaSi$

$O_2(\text{鉀長石}) + CO_2 + 10H_2O = Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O(\text{陶土}) + K_2CO_3 + 4H_4SiO_4$; 再 $Ca(HCO_3)_2 + Al_2O_3 \cdot K_2O \cdot 6SiO_2(\text{鉀長石}) + 9H_2O = Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O(\text{陶土}) + CaCO_3 + K_2CO_3 + 4H_4SiO_4$, 後者以碳酸鈣爲二氯化炭之連帶物(Carrier) 倘遇含石灰或氯化鎂之礦石則需較多之二氯化炭而分解之。例如下式。

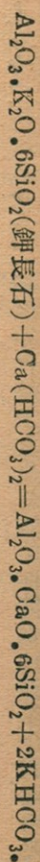


土壤中之碳酸鈣，亦可使之溶解， $CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$ 其溶解之物，或爲植物所吸收，或爲流水所洗去。

再土壤中之磷酸鈣，經二氯化炭作用，亦能使之溶解，爲植物所用，如見下式。



同時發生重碳酸鈣，能釋放土壤中之鈉鹽溶化於水，其化學反應程式如左：



其所溶解之鉀鹽，或被植物根部所吸收，或被水化矽酸鹽所保留。

〔土壤吸收性與保持性〕土壤中之成分，對於鹽與酸，除物理的附着性外，尙具一種化學的保持性，今行一試驗以證明之，將鉀鹽、銻鹽、或磷酸鹽溶液，以充分土層濾過之，則示消失其幾分之成分。惟于其濾液中常現鈣素之連合。

考土壤保持能力，乃其中水化矽酸鹽所致之，惟水化矽酸鹽實係矽酸質礦石，如長石或雲母石分解時所經中途階級之化物，故其並非土壤中之固定成分，且亦不具結晶之體形。

鹽質加入土壤，其中鹽基能可調換，據研究結果，所吸收之氯化物，稍可溶解於清水，更易溶解於二氯化炭之水，極易溶解於鹽酸，氯化物既被吸入，可以以鹽質溶液中之他種金屬而換出，惟於鹼質之氫氟、碳酸、磷酸、化合物若吸入土中，並不起調換作用，水化矽酸鹽致

成吸收能力。今證明之如左。

一、凡土壤具極豐富能溶於鹽酸之矽酸鹽，得最多之吸收力。

二、凡土壤經鹽酸分解其矽酸鹽者，則無吸收之能力。雖有時仍能吸收，但決無金屬鹼質、碳酸鹽與鹼質氫氟化合物之交換。

三、天然水化矽質酸礦石，如斜方沸石 Chabazite 之粉末，施以鹽性溶液，其中氫化鈣能以他種鹽基替換之。

其中化學反應之實在情形，現尚難完全了解，因土壤中水化矽酸鹽之成分，尚未明瞭，設使其如束沸石 Stilbite 之成分，而與硫酸鉀更換，則其程式如下， $Al_2O_3 \cdot CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 5H_2O + K_2SO_4 = Al_2O_3 \cdot K_2O \cdot 6SiO_2 + 5H_2O + CaSO_4$ ，但此化學反應決不完畢，因於溶液中，硫酸鉀與硫酸鈣，以均衡關係，各含若干。

土壤中之有氫氟化第二鐵、氫氟化鋁，及其碳酸鹽，能保持氟化鉀、氟化鈣、磷精與磷酸，

鹽基被吸收而不生調換，故仍能繼續用水洗下，氯化鐵與氯化鋁能具吸收作用，因其有弱性之酸體，而連結化合物，如尖晶石 Spinel, MgO , Al_2O_3 者。

然未嘗有完全吸收作用之發現者，要皆一小部分之物質，尙存留於溶液之中，土壤中腐爛有機物，能具吸收銨鹽之能力，據云爲交互分解 Double decomposition 之所致，但其體積極鬆軟多孔，多具酸基，又能吸收多量之磷精與鈣鎂等素成化合物。

〔溶物之分佈〕土壤中溶物之分佈，爲其自身瀰散力，與水面力及地心力所支配。

(1) 瀰散作用 Diffusion 瀰散作用者，溶媒中之溶質，由較濃部過入較淡部之現象也，物質之瀰散度，各不相同，要視其所化合之金屬與酸基爲轉移，茲將平常酸質與金屬按照瀰散程度，由最高至最低，排列如下：

酸基 Acidradicals

金屬 Metals

氯化 Chloride

鉀 Potassium

硝酸 Nitrate

銨 Ammonium

硫酸 Sulphate

鈉 Sodium

碳酸 Carbonate

鈣 Calcium

鎂 Magnesium

凡成膠狀物 Colloidal bodies 者，其瀰散速率是為最下。

瀰散進行，極為紆緩，並達四旁不遠，有人曾經試驗，將肥料每年施於土中，施肥田地界限一尺以外，罕見肥料之功效，並將能溶礦物，置於濕土面上，隔過三十日視之，僅達一寸深與闊之分佈。

(1) 表面壓力、Surface Pressure 土壤中水分之流動，受制其表面壓力之原理，茲特說明如下，流質中細分子，皆互具吸力，惟其吸力極微，僅能及極短距離，倘細分子在於水中，其所其吸力各方向均勻，如同一球形，假使適在水之表面，則其合成吸力，與水面線成一

正角度，曳引微分子入於水體之中，故流質表面，乃合成正角形總力所歸附，常時地心吸力，爲地上至巨之吸力，所以大量流質表面多呈平形。當流質接觸固體物時，有兩種之事實，就中必居其一，或着濕其固體物，或不着濕其固體物，前者固體物曳引流質分子之吸力，較流質分子互相吸引力爲大，其近固體物處，流質表面呈凹形，後者流質分子互相吸力，較固體物曳引流質分子之吸力爲大，其近固體物處，流質表面呈凸形。

若以小玻璃管矗立水中，管內水之表面，即呈凹形，考凹面壓力較平面壓力爲小，因凹面壓力除其如平面向下壓力外，尚有平面上流質引上之吸力，因此玻璃管內流質即現提高之勢，迄至玻璃管內水量（即地心吸力）能抵消其引上之吸力爲止，玻璃管直徑愈小，管內流質升上愈高，皆因其表面愈凹，故曳上力愈大也。

土壤中水之流動，以其表面壓力而生毛管吸力 *Capillarity*，與玻璃管比較，甚有不同之處，土壤中實在情形，並無有所謂毛細管者，不過用以形容其作用也，土粒堆積而成土壤，

其中空隙極多，膏腴田地，此種空隙，裝滿空氣，水之存在，大都是土粒週圍之薄膜，並不佔滿土壤中之空隙，水分之上升，要皆此等薄膜水液，以其水面形狀改變，而致之流動。

假使數土粒，被以水膜，互相接觸，則接觸處膜面，乃成凹狀，因凹面壓力較土粒圓面壓力為小，故水向凹面流動以增大其壓力，所以水分因其表面壓力，聚集於土粒接觸之處，如小玻璃管內水之高升，同一原理。

凡土壤水分之蒸發與夫植物根部之吸收，致使局部土膜凹面之增大，而吸引他部分土膜較小凹面之水分，以補其壓力之不足，粒粒相引，迄至其凹面壓力適與地心吸力或他種吸力，相均衡而後止。

水以此表面壓力而流動向上，向下與向四旁者均有之，惟因其最大喪失，乃近於土面，故從土中水平面吸引向上之水分，認為最緊要之流動，當灌溉時，向四旁之流動，亦為緊要條件，雨水落於田內，其向下之流動，雖大半為地心吸力之關係，然表面壓力，亦有與力焉。

農作上細耙土面，以阻水分之蒸發，並不如俗所云切斷土中之毛管，實乃擾亂潮濕土粒之接觸，乾土翻入地面之下，與潮濕土粒接觸之水膜凹面，頓時隔斷，若使之流通，除非乾土粒先有一層之薄膜，而使之着濕乾土粒，乃一種極緩之動作。

土壤中水分由下之升上，具二大之良效，（一）使表土得夠足水分，以備植物之需要，（二）使濃植物養料之溶液。然有時水之上升，亦能致成惡果，如於排水不良之地，上升之水，或帶上鹽性物質，聚集土面，而造成鹼土。

水以表面壓力所流動，各方向皆進行，然常被地心吸力所左右，凡土中空隙皆裝滿水分，則土中表面壓力降至零度，僅持地心吸力，可以轉移水之流動，Whitney 氏曾經證明，凡可溶化之礦物質，幾全能增大表面之壓力，而有機物質及礫精則反減小其吸力。

（三）地心吸力 地心吸力僅有一方向動作，土壤飽滿水分之時，其為唯一吸引水分之力，除表面壓力之外，地心吸力亦大有功於溶解質之分佈也，天氣乾燥時，地面水分蒸發

使濃養料之溶液，雖其瀰散作用，分佈其溶質，然總不敵水由下上升之速，因此表土中植物養料之溶液比較底土中為濃厚，又植物根部能可吸收之溶液，較從土排出所含溶物之水，亦為濃厚。

[土中硬層]土中硬層，俗曰土鍋 *Soil Pans*，常發生於表土與底土之間，不易滲透水分，致毀土壤對於植物滋繁之功用，其主要因有二種，如左列方。

(一)機械的主因 黏重土上，年年耕犁同樣深度，犁片之經過，與人畜之踐踏，致底土上層，變成硬塊，不易透水，是曰犁底土鍋 *“Plough pan”*。

(二)化學的主因 底土富於硫酸鈣時，而成石灰質土鍋 *“Time Pan”*，其碳酸鈣之聚集，因水中溶化之重碳酸鈣，消失其中二氟化炭，所剩留不溶化之硫酸鈣，截留於底土之內。

表土含有多量有機物質，而居於富有鐵化物底土之上，常近土面處致成質鐵土鍋

“Iron pan”，因有機物能使鐵質化合物，還原為第一鐵化合物，成酸性碳酸第一鐵，溶解於鍋中，常暴露空氣中，吸收其氮素，變為氮化第二鐵，或炭酸第二鐵，凝結於土中，是曰鐵質土鍋，常極堅硬，無論何種土鍋，均有害於土壤，減少其肥分，蓋其阻礙土中水分之排除與上升，及植根之發展，故凡遇土鍋之發生，須亟用底土犁破碎之。

(乙)有機物之化學變化 土壤中有有機物之化學變化，更較其無機物有趣味，土中有機物常常變形，吸收氮素，發放熱力，有時施廐肥，常能增高土溫攝氏一二度，所以土粒空隙之空氣，較上面之空氣，多含二氯化炭，而少含氮氣，植物遺體經其化學變化，分解成爲腐爛植物質 Humus，及有機酸物，腐爛植物質再受氮化，分解爲二氯化炭，硝酸鹽等。

〔土壤生物學〕 有機物質之化學變化，大都以土中極細生物動作所致之，尋常土壤之生物，大半係屬最下等之生物，如細菌 Bacteria 釀母菌 Yeasts 黴菌 Moulds 藻類植物 Algae 較高菌類植物 Larger fungi 原生動物 Protozoa 變形蟲 Amoeba 等。

此項生物常在生活競存之狀態，境遇適宜之時，積極使行有機物之化學變化，以助其繁殖。就中有互相提攜者，有互相侵軋者，形形色色，各具作用。

原生動物與變形蟲之存在於土中，常以細菌為維持其生活之食料，因此減少細菌之數目，而土壤肥分之上，要皆視產菌精細菌數量之多少，間接要視土中原生動物與變形蟲數量之多少，倘運用熱力或防腐劑減少原生動物之數目，則使留剩細菌迅速增殖，而使土中有機物產生菌精更速，故消毒土壤增加肥分，即此之原理。

菌類植物與釀母菌亦具分解土中幾種有機物之能力，吸取其中之食料，以資造成其體格，死後所剩腐爛遺物，易受硝化作用，常較原來者為速。

微菌之生活動作，對與含氮素有機物化學變化之關係，頗多足述，例如其由蛋白質，致成碳酸銨化合物者。

然關於此題最有趣味之生物，乃是極微之植物曰細菌。以其外形之特狀，細菌可分為

三大類：(1)桿狀細菌 *Bacilli*；(11)螺旋狀細菌 *Spirilla*；(111)球狀細菌 *Micro-cocci*。體形極微，其闊約在千分之一，而長罕逾千分之四。其繁殖大都以分裂方法，然有時以產生孢子方法而繁殖。孢子者，乃活動停止之時期，可以抵抗不利於細菌活潑期之境遇，例如若將細菌乾燥或竟燒至攝氏一百度，仍不能毀滅其於後來適宜境遇下發芽之能力。平常土壤中含有多數不同種類之細菌，有利於農業者，有害於植物養料者，並有極危險於動物者（如顎筋痙攣病菌）。

其具有由含氧素有機物質致成銹化合物能力之生物者，實多且夥，如黴菌、（有機物量衆多時更形活潑）桿狀細菌 *Bacillus mycooides* 及 *B. Fluorescens* 與球狀細菌 *Micrococcus ureae*。

〔硝化作用〕 硝化作用者，有機物中之氧素，或儲精藉細菌力變成硝酸之作用也。土壤中硝化作用極爲重要，因大多數植物，僅能同化硝酸鹽中之氧素，土中含氧素有機物之

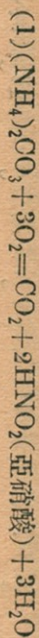
存在，因種類不同，所受硝化之程度亦相異。其對於鹼質化合物與酸質化合物之關係亦相歧。大概動植物之聯合氮素，發現於蛋白質中，蛋白質腐爛時，變成腐爛有機物質，二氯化炭。而其氮素分爲簡單化合物，如醯銨 *Amides* 碳酸銨及氮氣，醯銨再分解之。則首先發出者，爲銨化合物也，其化學程式如下：



就中鹵精與二氯化炭及水，即成爲碳酸銨，此項化學變化極速，皆爲極微生物所致成。如黴菌與細菌，均具由蛋白質氮素變成鹵精之能力，但黴菌在多量有機物，如肥料堆及多泥炭田中，工作最大，而平常多空氣之土壤，桿狀細菌 *Bacillus mycoides* 最爲有力。此種細菌分佈極廣，表土、空氣與水中，在在均有，工作最盛時，在攝氏三十度。在攝氏五度以下，及四十二度以上，乃其停止工作之時期。

其由土中含氮素有機物所成功之銨化合物，以他種微生物之力，氮化後變爲亞硝酸

或亞硝酸鹽，再受氮化，終或硝酸鹽。其化學反應亦頗簡單，列如左方：



有機物中之氧素，藉不同微生物之工作，變成鹵精、亞硝酸鹽、及最終硝酸鹽。由氧素造成鹵精之細菌與黴菌，種類頗多，但由鹵精造成亞硝酸鹽，及亞硝酸鹽造成硝酸鹽。按照

Winogradski氏之研究，僅有各細菌各一種，如 *Nitroso-monas* 及 *Nitroso-coccus* 僅能使鹵精氮化為亞硝酸鹽。 *Nitro-bacter* 僅能使亞硝酸鹽氮化為硝酸鹽。

亞硝酸與硝酸細菌需二氮化炭，始能生存，吸收其中炭素一分，能氮化三十五分氧素。硝化作用之發現，須有其適宜之境遇，茲將其適宜境遇臚列如下：

(1) 適宜食料 礦物質如氮化鉀、氮化鈣、硫酸鹽、及磷酸鹽必須存在，而二氮化炭亦在需要之列。亞硝酸細菌及硝酸細菌皆不需要有機物質。

(二)有鹽基物 土壤需要鹽基以中和其亞硝酸及硝酸，硝化作用之進行，須在中和性或稍鹼性媒介物中，太酸與太鹼，均阻礙硝化作用，碳酸鈣最爲適宜之鹽基物，其所發出之二氧化碳容易驅逐，或爲細菌所需用，酸性碳酸鈉亦爲相宜，惟碳酸鈉則不可用，因其有礙硝化作用。

(三)適宜溫度 硝化作用最盛時間，在於攝氏三十六度；停止工作在於零度以下五十五度以上。

(四)夠足水分 土壤一遇乾燥，硝化作用立刻停止。

(五)無有強光 熾白日光阻礙其作用，並且殺死其細菌。

(六)夠足氮素 考硝化作用乃一種氮化之結果，故需夠足氮素以利其進行。飽滿水分之土壤，氮素不足，須疏鬆之，而後可達增加硝化之希望。

(七)適量鹵精 亞硝酸細菌雖於多量鹵精時，則其工作最爲順利。然硝酸細菌遇鹵

精量過多之時，則不活潑，若土壤中碳酸銣之氮素量達萬分之四，硝化作用即不能進行。但
 銣化銣與硫酸銣中氮素量，可較碳酸銣增一倍而無害，故施用石膏，頗有益於硝化作用也。
 (八) 適宜鹽類 碳酸鈉與銣化鈣阻礙硝酸細菌之工作，而酸性碳酸鹽與硫酸鹽有益其生活。

(九) 無防腐劑 施用防腐劑，如迷蒙精 Chloroform 或二硫化炭氣，有礙硝化作用。
 (十) 多量銣化鉀 銣化鉀借與碳酸鈣，同時加入富有腐爛植物質之土壤，則具促成硝化作用之能力。茲將試驗結果如左：

二十日所產 硝酸中之氮 素量佔土壤 每百萬分之 H ₂	無	45% K ₂ CO ₃	25% CaCO ₃	5% K ₂ SO ₄	25% CaCO ₃ + 5% K ₂ SO ₄
	25	438	30	18—25	189

[土中氮素固定生物] Winogradski 氏於一八九三年，由土壤中得一種大形桿狀

細菌，以一種溶液含有合宜礦物分子及左旋糖 Dextrose 與潔淨之空氣培養之，試驗結果，左旋糖分解成爲酪酸 ($C_3H_7COCH_3$) 二氯化炭與氫氣，及有硝酸之發現，硝酸中之氮素，必來自空中無疑。嗣後研出此種細菌，乃無氮氣細菌，若有氮氣存在，其須與他種吸收氮氣微生物聯合而可固定氮素。氮素固定之數量，對於糖料之耗用量，頗有連帶關係，然大爲其中所含化合氮素量所左右。

用培養方法，尋出多數固定氮素之微生物，就中最活潑者曰 *Azotobacter Chroococcum*，聯合其他一種曰 *Radiobacter*，若加以炭水化合物如加糖，及合宜礦物質，*Azotobacter* 能固定多量空中之氮素，此種微生物於近土面處，最爲衆多，能抵抗乾燥境遇，能依風力而分佈。

土中固定氮素之微生物，須需炭水化合物食料，無酸質，有碳酸鈣或碳酸鎂之存在，及高熱溫度，溫度低小，則 *Azotobacter* 不能活動，而有人研究鐵質與矽質亦能激勵其固

定氮素之能力。

此外尚有一類微生物，屬於 *Clostridium*，於無氮氣時，可以固定空中之氮素，此類生物在於森林土地及樹木落葉極多。

海水含有頗多之 *Azotobacter chroococcum* 及 *Clostridium pasteurianum* 二種，前者在於百分之八鹽水中，仍能行固定氮素作用。

試驗室中試驗一剋 (cc) 重糖料，以微生物力分解而出固定氮素量極少，大約不過十毫 (mg) 之數，然推想一畝田內之固定氮素量，加以硝化作用，消除障礙之含氮素有機物質，其量大且多，必可引入注意者矣。

其荒地或生地之多氮素者，大概歸功於 *Azotobacter* 因其於炭水化合物聚集之地，極形活潑，而吸收空中之氮素。

土壤中有氮素固定之微生物，固定空中之氮素，與硝化作用之微生物，硝化土中之含

氮素有機物質造成物件，易應植物之用。

〔共棲生活之氮素固定〕 豆類植物根瘤內，所發現一類微生物，對於農藝化學極為重要。首先說明此物者，爲 Hellriegel 氏，於一八八六年所著之論文，述及苜蓿與他種豆類植物根瘤中，有細菌 *Bacillus radicicola* 之存在，能吸收空中之氮素，爲其母本所需用。各豆種有其各不相同之細菌，植物之能同化游離氮素，全視其土中細菌與否同其共棲生活 *Symbiosis* 互相爲益，因植物與細菌以炭素，而細菌與植物以氮素也，由此引起各種商業細菌培養料之買賣，但皆不切於實行。

〔反硝化作用〕 有時土壤與肥料中發生化學變化，釋放硝酸鹽中之氮素，此亦微生物所致成，因已究出其數種類之存在。

Breal 氏於一八九二年發現草稈內具微生物，無空氣時，可致釋放硝酸鹽中之氮素，變成游離氮素，或少量含氮有機物質。 Wagner 氏於一八九五年試驗施壅肥料，施壅多

量有機物質肥料，如牛糞等，反減少作物之收成，並且阻礙施糞硝酸鈉應增作物之產量與品質。由此觀之，地土加以廐肥必有反硝化之作用，分解已成之硝酸鹽，概由廐肥引入反硝化微生物無疑。但 Warington 氏指示除肥料引入反硝化微生物之外，尚有他種之主動。致起反硝化之作用，即加入多量容易氮化之有機物質，減少土壤中之氮氣，及強取硝酸鹽之氮素，故大利于反硝化之作用。雖然微生物確為其重要之分子，其存在於土壤中雖不衆多，然一到適宜境遇，即可迅速進行其破壞工夫，氮氣之減少，與夫容易氮化有機物之增多，要皆其適宜之境遇也。Cayon 氏及 Dupetit 氏曾於一八八六年說明二種細菌，曰 *Bacterium denitrificans* A and D，能於無空氣時，致使硝酸鹽歸原氧氣，或亞氮化氧氣。同時氮化含炭素有機物質，於有空氣時，硝酸鹽並不歸原。而其氮化作用之氮氣，來自空氣之中。

土壤及水中，曾經發見 *B. denitrificans* 之他品種頗多，其致反硝化作用之化學

反應程式可於下列一例以明之。



此種化學反應，甚屬可能，而且發生熱力。

Deherain 氏試驗結果，土壤加以澱粉，幾使其硝酸鹽完全毀敗，若加以百分之一草桿，僅使硝酸鹽中消耗三分之一之氧素。所以該氏推想土壤施壅多量廐肥之害處，阻礙硝化作用實較其反硝化作用為厲也。

Beyerinck 氏及 Minkman 氏於一九〇九年，又尋出二種反硝化之細菌。(1)由硝酸鹽致為亞氮化氧之細菌；(2)由亞氮化氧致為游離氧素之細菌，且有一種細菌能將游離氧氣與亞氮化氧氣化合，吸收二氮化炭分解之力，變成複雜含氧素有機化合物。

〔土中毒質〕 土中毒質之多少，關係土壤之肥瘠，毒質之來源，不外乎下列兩種：(一)為植物分泌者；(二)為細菌所造成者。

〔土中氣質〕 土粒空隙，若非急雨沖入雨水，常爲空氣所據佔，此中空氣亦時時以瀾散作用，調換新鮮空氣。因土壤化學變化，大都係氮化作用，所以其所含空氣之氮素，較上面空氣氮素爲少，而其二氯化炭較多。由尋常土壤抽出之空氣，與土面空氣，別無二樣。不過氮與二氯化炭成分之不同耳。土壤空氣中，

(一) 氮素與二氯化炭之量，佔總數百分之二十一；

(二) 二氯化炭由百分之一至十，氮素由百分之十至二十；

(三) 二氯化炭以土壤之深而較增，因近土面者，容易瀾散交換新空氣也；

(四) 二氯化炭以夏秋二季爲最多。

除土壤空隙裝滿氣質外，其尚存以吸收作用吸收大量之氣質，然淤水田中常多沼氣 Marsh gas CH_4 ，氧氣及他種之氣質。

〔土壤水質〕 土壤水分之存在，以土粒周圍膜水爲最廣，含有土壤中與幽閉空氣中

能溶物質，以爲植物營養之滋料，蓋植物之能吸收其養料者除非得其於溶解狀態。

土壤中之成分，能以分析其排水而知之，雖排水成分較留土壤水中含蓄養分爲少也。

排出水流經土壤，溶解養分，其最多者，厥爲氧素，大半爲硝酸鹽，而亞硝酸鹽與硝精則甚少，至於游離氧素則幾無之。Warington 氏謂耕作地排出水中所含硝酸鹽之氧素量，平均爲百萬之四·四，Deherain 氏曾考察休間土與墾植土中所排出硝酸鹽之氧素量，茲表列其結果如下：

每英畝所產作物之重磅(磅)	排水分量(英寸)	硝酸鹽中氧素每英畝之重(磅)
休間土	11.11	186.7
黑麥牧草、4754磅	7.80	2.3
燕麥1634磅與其稈3794磅	8.01	23.4

玉蜀黍青稈66、964磅	9.58	25.6
小麥1803磅、稈3817磅	7.49	29.7
馬鈴薯24、553磅	5.83	24.7
葡萄16、920磅	7.41	75.0
甜菜27、902磅	7.64	0.3

從上試驗之結果，可知(一)休閒之土壤，其排水量多。(二)休閒之土壤，所排出之水，含氮素較多，此因植物能阻硝酸鹽中氮素之損失。其原由如下：

(一)吸收硝酸鹽；(二)增加水分蒸發，減少排出水量；(三)致使土地乾燥，遲緩硝化作用，排水中之磷酸。Stoklasa 氏曾分析四種土壤之排水，其結果如下：

土壤中之各成分	壤土	黏土	石灰土	埴土
土壤中磷酸(P_2O_5)之總量	0.024%	0.087%	0.125%	0.008%
排水百萬分中之磷酸量	0.620	0.420	0.700	1.000
每英畝磷酸磅重之損失	12.00	8.13	13.60	19.60

此表注意之點，埴土雖含磷酸量最少而其損失最大，皆因該土排水中多量二氯化炭爲之溶媒也。

至於排水中之氯化鉀爲量頗少，其損失極容易以鉀質肥料補充之，又其中碳酸鈣之損失，Hall氏云每年每英畝約八百磅至一千磅，茲將多數分析土壤排水之結果，列如下表，以資參考。

百萬分中

氯化鉀 K_2O

2至60

磷酸 P_2O_5	少許至2
石灰 CaO	68至180
氯化鈉 Na_2O	5至46
氯化矽	5至25
硫酸 SO_3	18至130
有機物質	16至180
硝酸 N_2O_5	2至210
氯化鐵與氯化鋁	0.7至7
氟素	1至57

平均總共固體物365

〔結論〕 茲特結論土壤所得與所失氮素之原因，以清讀者之記憶。

(一) 關於所得氮素方面：

- (1) 由雨水帶下空中之鹵精與硝酸；
- (2) 由土壤分子吸收空中鹵精之氣質；
- (3) 由土壤中微生物吸收空中之氮素；
- (4) 由豆類植物根瘤細菌吸收空中之氮素；
- (5) 由土壤有機物被微生物硝化之化合物。

(二) 關於所失氮素方面

- (1) 由微生物所致之反硝化作用；
- (2) 由排水之運出；
- (3) 由分解時鹵精之揮發；

第五章 施肥與普通肥料

土壤之肥沃與否，視環境之不同而定，已於上章詳論之矣。由下述三項方面觀察，可得種種推論：

- (一) 機械的方面；
- (二) 化學的方面；
- (三) 生物學的方面。

關於(一)者：設土壤具下列的環境，如土壤細粒大小適度，質甚鬆疏，保持水分之力甚強，與其他適宜之物理性質，能使植物根部充分生長等。植物生長於斯，必得美滿之結果。反是雖土壤之成分豐沃，亦不能致植物至茂盛之境。

關於(二)者：土壤須具充分適宜之養料，因為肥沃土壤之第一要件，土壤中設無充分適宜之養料，或所具之養料為不溶性，則雖土壤之機械的方面適宜，植物仍無茂盛之機緣。關於(三)者：土壤中之重要植物養料，當氮素為最，設氮素之存在為不溶性之複雜有機物時，植物仍不能吸收之。故使此項不溶性之含氮有機物變為能溶性之硝酸，則須借重細菌之力矣。又豆科植物之根瘤細菌，能利用空中氮素，更較重要，他如菌類植物、釀母菌等植物，與蚯蚓、幼昆蟲、蛹等動物，有功於改變土壤之理化的性質，惟昆蟲因其為害植物，功不償過。

改良土壤為農業家之一緊要問題，用機械式之改良方法甚易，如耕鋤灌溉等法，皆能

增進土壤之價值者也。至於增高土壤中之養分時，有二要法焉：

(一) 加入含植物養分之物質；

(二) 加入一種能使土壤中不溶性之成分，變為有用成分之物質。

改良土壤利用人工加入細菌於土壤中，亦為各種方法之一，惟今尚未有具體之結果。此章所述，僅限於增高土壤中養分而論者也。

增高土壤中養分之方法，當為施用肥料於土壤中，肥料之英文為 *Manure*，攷其意義係由拉丁字 *Mans* 為人工之意。即施肥料於土壤，能代耕鋤之人工而已。並無何等化學的作用，在乎其間，延用至今，其意義與古時定名之義，大相背馳，凡物質之能補充土壤中因種植後所遺失之養分，至所得之結果，能使植物仍能茂盛者，皆肥料也。

土壤中之養分，最易消耗而遺失者，舉其重要者有三，即氧素化合物、磷酸鹽、與鉀鹽是也。

肥料之價值，要皆視其中所含上設三種養分之多寡而定，肥料大別之可分爲：

(1) 天然肥料 *Natural manures* ;

(11) 人造肥料 *Artificial manures* 。

天然肥料者，即農場中所產動植物之殘遺物也。人造肥料者，乃指肥料之由礦物經人工造成者，爲製造業中所殘餘之副產品，即含動植物成分，而非在農場中所殘遺者，亦可稱爲人造肥料。如海鳥糞化石 *Guano*、海藻、油餅等，皆屬於人造肥料者也。

其他分類法之較上法名稱爲佳者，爲

(1) 普通肥料 *General manures* ;

(11) 特別肥料 *Special manures* 。

普通肥料者，指肥料之含有各種養分者而言，土壤若施以普通肥料後，則植物各項養分均不缺乏之虞。屬於普通肥料者，如農場肥料、海鳥糞化石、動植物之殘遺物等是也。

特別肥料者，指肥料之僅含一種或二種養分者而言，如硝酸鈉、硫酸銹、鉀鹽、磷酸鹽等是也。

實際上普通肥料最易施用，對於土壤中未明其中成分者，最為適宜。因普通肥料中之有他種養分，雖非土壤所需宜者，亦無妨害，而此種土壤中所缺少之養分，普通肥料必能應付其需要。至於土壤中之成分已明瞭者，則用特別肥料較普通肥料為適宜，且較普通肥料為經濟。惟一事需明瞭者，即施用肥料，並非完全因滿足土壤中養分而施者，要知肥料除增加土壤養分外，且能改變土壤之物理性，兩者並重，不可偏視者也。即以肥料滿足土壤中養分而言，亦須顧及其含養分之性質與否能致植物之需用，施用易為植物吸收之肥料，必得美滿之結果。

〔普通肥料〕 茲將各種普通肥料，一一說明如左：

農場中所產之肥料，此種肥料施用法最古。至今尚多延用之。第一次農田中動植物所

遺留之殘遺，仍耕入田中，以備第二次種植之養分。惟第一次耕種後所遺失之養分，農場肥料僅能補其一部分，其理甚顯明，因第一次所收穫之作物販賣後，已將土壤中一部分之養分帶去，或肥牲畜後歸還之，亦消去一部分之養分，農場肥料可分為二種：

(一) 動物之排泄物 (糞與尿)；

(二) 草薦與殘餘之動物食品。

動物之排泄物中含有未曾完全消化之食物，與其身體衰敗後所遺棄之物質，並混有多量水分，此項排泄物之化學成分與多寡，視動物所食之食物而異。排泄物中特別如糞類中，尚含多量未曾消化之食物，不能即為植物所需用。

動物排泄物之化學價值，視以下數事為標準：即如(一)所食之食物，(二)動物之種類，(三)年歲，(四)是否常餓，(五)是否工作，(六)是否孕子，或其他情形。茲將各種動物排泄物之分析表，示明如左(百分率)：

類 別	水 分	氧 素	鉀 鹽	磷 酸
牛	—	0.20	0.10	0.17
牛	—	0.58	0.49	—
馬	—	0.44	0.35	0.17
馬	—	1.55	1.50	—
羊	—	0.55	0.15	0.31
羊	—	1.95	2.26	0.01
猪	—	0.60	0.13	0.41
猪	—	0.43	0.83	0.07
鷄	60.0	1.10	0.56	0.85
鷄	10.0	3.20	1.00	1.90
碼	77.2	1.00	0.25	1.09
人	95.9	0.60	0.20	0.17
糞尿	—	—	—	—
糞尿	—	—	—	—
糞尿	—	—	—	—
糞尿	—	—	—	—
糞尿	—	—	—	—

另有一表，示明動物排泄物之化學成分，較前益詳，可於下列見之，（百分率）

成分類別	糞					尿				
	羊	猪	馬	牛	人	羊	猪	馬	牛	人
水	58	80	76	84	75	86.5	97.5	89.0	92.0	97.0
固	42	20	24	16	25	13.5	2.5	11.0	8.0	3.0
灰	6	3	3	2.4	2.9	3.6	1.0	3.0	2.0	1.0
有	36	17	21	13.6	22.1	9.9	1.5	8.0	6.0	2.0
氮	0.75	0.6	0.5	0.3	1.5	1.4	0.3	1.2	0.8	0.6
五	0.6	0.45	0.35	0.25	1.1	0.05	0.12	—	—	0.05
鉀	0.3	0.5	0.3	0.1	0.4	2.0	0.2	1.5	1.4	0.15
鈣	1.5	0.3	0.3	0.4	0.8	0.6	0.05	0.8	0.15	0.03
二	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.4	0.05	0.15	0.15	0.01
食	0.025	0.05	少許	0.005	0.05	0.25	0.5	0.2	0.1	0.6
二	3.2	1.6	2.0	1.6	0.4	少許	少許	0.025	1.01	—
化										
機										
體										
分										
物										
素										
磷										
鹽										
硫										
化										
化										
化										

由上表觀察所得羊糞中，含水量最少，而牛糞與猪尿含水最多，由實驗所得，吾人確知每頭牛每年中遺棄氮素量為73.3斤 Kilograms，鉀鹽量為45斤，磷鹽量為12斤。

〔草薦與殘餘之食品〕除使動物清潔與安適外，尚具下述數種之功用：（一）能使肥料量增多，且鬆而多孔，易於保持動物之液體排泄物；（二）能供給多量含炭素有機物質，致成腐爛有機物；（三）加入其中所含之養分；（四）能使肥料鬆軟，易起發酵作用，物質之用為草薦者，種類不一，可約分為六種。

（一）五穀之乾稈

（二）泥煤與泥煤的苦鮮

（三）乾蕨草（即乾鳳尾草）

（四）乾葉

（五）木屑

（六）製革廠廢棄物

〔五穀之乾桿〕此類為最常用之草薦，其成分無定，大都皆含多量之纖維質，但少肥料之功用，其中之氮素、磷酸鹽與鉀鹽，為量亦殊微，茲將各種乾桿成分分析表列左，以備參攷。

類 別	氮 素	鉀 鹽	磷 酸	石 灰
小 麥 稈	0.48%	0.9%	0.25%	0.31%

大麥稈	0.57,,	1.2,,	0.26,,	0.39,,
燕麥稈	0.72,,	1.2,,	0.19,,	0.41,,
黑麥稈	0.57,,	1.4,,	0.28,,	0.45,,

與草薦混合者尚有殘餘之飼料，但其化學成分與乾稈成分相彷彿。

[泥煤與泥煤的苔蘚]在德國之農家，常用泥煤苔蘚為草薦，泥煤之功用，具下列數則。

(一)質鬆，(二)具吸收液體之能力，(三)含氮素較多，(四)具吸收磷精等氣質之能力，(五)具防排泄物中有機物迅速腐爛之能力，茲將泥煤中之成分，詳列如左。

水分

百分之六一·五〇

氮素

百分之〇·八五

鉀鹽

百分之〇·一八

五氯化磷

百分之〇·〇八

泥煤中有時含少量黃鐵礦中之砒，惟含砒之泥煤，能致植物受損害，不可不加以審慎者也。

〔乾蕨草〕用此項草薦者大都在英、德、多山之處爲多，不似他種草薦之具有吸收液體性，惟其中之成分，則較有價值，茲將其中之成分列明如左。

氮素

二・四二%

鉀鹽

一・一五%

五氟化磷

〇・六〇%

〔乾葉〕乾葉用爲草薦，無顯著之價值，故用之者甚鮮，其成分可參觀左表。

氮素

〇・七五%

鉀鹽

〇・三〇%

五氟化磷

〇・一六%

〔木屑〕木屑之用爲草薦，大都在於大城市之中，他處不甚普通，但具甚強之吸收液體能力，並使牛馬糞發鬆，故易致肥料起氯化與發酵之作用，松樹木屑常具有微量之松節油，此項松節油能致土壤中肥料不易起分解作用，木屑之成分列表如左。

氮素

一・〇%

鉀鹽

〇・一〇%

五氯化磷

〇・〇五%

〔製革廠廢棄物〕此項物質，用爲草薦者極少，且具極少之養分，其成分如左。

氮素

〇・一六%

鉀鹽

〇・〇八%

五氯化磷

〇・〇四%

農場肥料大都爲牲畜之雜糞，加入少量牲畜所臥之草薦，及農場所棄之動植物，各種

牲畜每日之排泄量，及其成分，各不相同，可於下表見之。

牲畜種類	飼料	每日所產肥料量(磅)	肥料之成分		
			氮素	鉀鹽	五氧化磷
牛	乾草	81.5	0.50%	0.29%	0.45%
	糠麸				
馬	棉子	52.5	0.47%	0.94%	0.39%
	油餅				
羊	乾草	7.2	1.00	1.21	0.08
	穀類				
豬	蘿蔔	3.5	0.83	0.61	0.04
	玉蜀黍粉				

〔農場肥料之發酵作用〕新鮮肥料在空氣中放置後，漸起發酵作用，而其形態與成分亦因之而起變化，致其發酵之故，乃由肥料中之細菌而起，細菌最易居集於肥料中之複雜有機物中，能使肥料之成分，起重大之變化，可分為七大類之發酵作用，略述如下：

- (一) 脂油酸之發酵作用；
- (二) 銨基化合物之發酵作用；
- (三) 腐爛發酵作用；
- (四) 尿素之發酵作用；
- (五) 硫化氫之發酵作用；
- (六) 纖維質之發酵作用；
- (七) 炭水化合物之發酵作用；

(一) 多種之脂油酸，或其鹽類，得細菌之存留，皆能起發酵作用，發酵後所得之結果，為變生簡單之有機酸與二氯化炭質，有時並生氫或醇。

(二) 銨基化合物者，含 NH_2 之有機化合物也。乃由蛋白質腐而成者也。其種類甚夥。試舉陳乾酪質 Tyrosine 而言，其化學成分為 $\text{OH} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ 。在無空

氣之中，經發酵作用，乃變生靛基質 $\text{Indol } \text{C}_6\text{H}_7 \left\langle \begin{array}{c} \text{NH} \\ \text{CH} \end{array} \right\rangle \text{CH}_2$ 1 氯化炭，氫氣三者。設在有空氣之處，經發酵作用則生石炭酸 $\text{Phenol } \text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 1 氯化炭，氫氣等。其中之氧素，則變為鹵精氣而飛散於空氣中。

(三) 腐爛之發酵作用，乃含蛋白質之物質分解作用也。經各種細菌之工作，分解而生臭味之氣體，其分解第一步，由不溶性之蛋白質變為能溶化及瀰散性之胃液化蛋白質 Peptone ，由胃液化蛋白質，再分裂變為分解蛋白質 Leucine ，而後變為脂油酸與鹵精，至脂油酸之發酵作用，已於第一項下說明之矣。

此項發酵作用所生之結果時，因有無氮氣而變化，細菌之種類可約分兩種。

(甲) 有氮氣方能生活之細菌 Aerobic bacteria

(乙) 無氮氣方能生活之細菌 $\text{Anaerobic bacteria}$

由第一類細菌之發酵作用，其變化似較簡單，所生之物質為水、二氯化炭、及鹵精，而不

發生特異之臭味，物質生霉，卽此項發酵作用之現象也。由第二類細菌所成之發酵現象，則與第一類者稍異，其變化殊複雜，而所生之物質爲沼氣 Methane、氫氣、硫化氫氣，並其他特異臭味之氣體，此項發酵作用，乃顯著之腐爛作用。

肥料之發酵，則具第一第二兩類之作用，先生水分、二氯化炭、鹵精，並生多量熱力，此爲第一類發酵作用；繼之以第二類發酵作用，故生特異之臭味，但並不生多量之熱力。

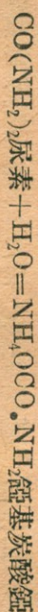
(四) 尿素發酵作用，前章曾經述及，茲將其化學程式列下以明之：



尿素

碳酸銨

其結果乃生碳酸銨，並又可變爲銨基碳酸銨，以下化學程式而明之：



此項發酵作用，由五六種不同之細菌，與數種之微生物而起。

(五) 有多種細菌，能致肥料發酵，由蛋白質發生硫化氫氣體，但其實在情形，尙未十分明瞭。

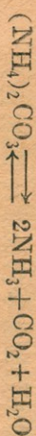
(六) 纖維質之發酵作用，乃由無氮氣細菌如 *Bacillus amylobacter* 等而起，此項能使纖維質發酵之細菌，曾見存在於牛腸之內，發酵之結果，先生醋酸、氫氣、酪酸，再變為二氮化炭與沼氣。

(七) 糞中之炭水化合物如澱粉、糖、或膠，皆能由有氮氣與無氮氣之細菌而發酵，乃生二氮化炭、水分、乳酸、酪酸及游離氮氣。

由發酵作用而生之氣體，可簡約總述之如下，肥料堆集於空氣流通之處時，有氮氣能生存之細菌使其氮化而生熱，其溫度之高，能將上說之細菌全部殺死，在此之時，並無能燃燒之氣體發生，若在缺少空氣之處發酵時，則無氮氣能生存之細菌殊形活動，而使肥料發酵而生二氮化炭，與能燃之沼氣，發酵時並無氮氣發生，實因氧素已由鹵精氣飛散殆盡矣。

〔農場肥料之保藏法〕無論新舊之農場肥料，總之不失其中之養分爲上，如何方不能遺散其中之養分，則理論不一，即農家亦無一定之方法，農場肥料之液體物，最易流去而失敗，當設法保存之，因其中養分實甚豐富故也。可用吸收物如草薦或用桶、缸保存之。

農場肥料在發酵時期內，最易失敗之養分，當爲氧氣，氧素之飛散，可分二法。(一)游離之氧素由肥料中飛散。(二)肥料碳酸銻之氧素，變爲鹵精而飛散，可用下列反應以明之。



保持農場肥料中氧素之法，有用石膏、硫酸、鉀礦 *Kainite*、過磷酸石灰、磷酸、酸性硫酸鈉、或泥灰石 *Marl* 等物，加入肥料，則其中鹵精，不易飛散，然實際儲藏農場肥料，若將其壓緊四周，封以泥土，而不使易觸空氣，則其中之鹵精不易飛失。

(其他有機肥料)除農場肥料外，尚有多種有機肥料，由動物體中產出者，或來自植物者如：

海鳥糞化石

家禽糞

魚類之遺棄物

海藻

乾血

肉之殘渣

骨骼

羊毛之殘渣

煙煤

油餅

〔海鳥糞化石〕此項肥料爲海鳥所遺之乾糞，內中雜以羽毛、骨骼、糧食雜渣等質，其存

在大都在熱帶之海島上或海岸上，如南北美洲、非洲、澳洲、西印度之海島上，及太平洋中之島上，皆產有海鳥糞化石 Guano。其中之養分，以秘露海鳥糞化石為最高，因其含百分之五十以上之銻鹽，如尿酸銻、草酸銻、磷酸銻等。磷酸鈣與鉀鹽亦有之，簡言之，其含有百分之十一至十六之氮素，及百分之十至十二之磷酸，普通鳥糞石成分含氮素較少，可於下列分析表中見之。

水分

一九・〇〇%

有機揮發性物質(包括以下)

三三・九四%

氮素全部

七・七二%

氮素成鹼精者

三・二六%

氮素成有機物者

四・〇〇%

氮素成硝酸物者

〇・四六%

灰分(包括以下)

四七・〇六%

五氟化磷全部

一一・二二%

溶解五氟化磷

三・八七%

氟化鉀

三・四四%

三氟化硫

五・〇六%

〔家禽糞〕古時羅馬、波斯、埃及、法蘭西等國之農家，皆以家禽糞為重要之肥料，自人造肥料發達後，用此項肥料者，日見減少，家禽糞之成分，可參觀下表。

別	糞	水分	有機物	氮	素	五氟化磷	氟化鉀	氟化鈣	氟化鎂
雞	糞	56.0	25.5	1.6	1.7	0.8	2.2	0.8	
鴿	糞	52.0	31.0	1.8	1.7	1.1	1.7	0.5	
鴨	糞	56.6	26.2	1.0	1.4	0.6	1.7	0.4	

鵝	77.1	13.4	0.6	0.5	1.0	0.8	0.2
---	------	------	-----	-----	-----	-----	-----

家禽糞出產量，每年每鷄可產十二磅，每鴿六磅，每鴨十八磅，每鵝二十五磅。

〔魚類之遺棄物〕魚類之身體中，皆藏有多量氧素化合物，其骨則具多量磷醱鹽，故魚類之遺棄物亦為有價值肥料之一種，其中之油質，則能阻止肥料之發醇作用，因其能驅除水分之入內，各種魚類肥料之成分，可試觀下表：

	腦成魚之遺棄物	生魚之遺棄物	鱉魚之遺棄物	美之國遺棄物
水	8.0%	50.0%	6.2%	12.8%
氮	9.0	3.0	9.0	7.3
磷	22.0	3.8	26.0	18.2
油		15.0		
分素鈣質				

（海藻）海藻之產地，大都皆近海岸，其價甚賤，且具多量植物養分，海藻最易分解，故收效亦速，其中成分如左。

海 藻	成 分					
	水 分	有 機 物	灰 分	氮 素	氮 化 鉀	五 氮 化 磷
I	80.44%	9.25%	10.31%	0.45%	1.95%	0.47%
II	77.94	18.12	3.94	0.30	0.65	0.10
IV	77.00	20.00	3.00	0.38	0.30	0.15

由上表所列之海藻成分，與農場肥料相比，前者所含磷酸雖少，然其體質發酵容易，且無雜草種籽之夾入，此乃海藻較農場肥料為優之點也。

〔乾血〕屠宰場中出產血渣甚多，有時亦作肥料，其製法用蒸氣通過新鮮之獸血，蒸乾後，乃磨成血末，用作肥料，易於分解，而生有用之氮素與磷酸鹽，作物中小麥，若用乾血為肥料，最易得良好之結果，茲將獸血肥料成分，列如下表。

成分	水	有機物	灰分	氮素	五氟化磷
羊血	87.4%	11.4%	1.2%	1.5%	0.03%
牛血	30.56	51.43	18.01	5.90	1.00
凝乾血	12.50	87.5		10.52	1.91

(肉之殘渣)肉之殘渣,大都由屠宰場,肉廠,牛油製造廠所遺棄之副產物,用作肥料,頗易分解,各種殘肉成分,臚列如左。

殘種類	骨肉粉	病畜屍肉	牛油製造廠殘肉	牛脂製造廠殘肉
水分	10.0%	28.0%	8.5%	10.0%
水	7.0%	9.7%	12.1%	6.7%
氧	27.0%	13.7%	1.9%	2.6%
燐				
酸				
鈣				

[骨骼]骨骼為肥料之重要者,其中之灰分甚多,大都為磷酸鈣,此外約具百分之三十

之有機物，此有機物中約含氮素百分之四及少量之油質，此油質則為有害之成分，因油質能阻止有機物之發酵作用，且不易磨碎，設用蒸氣將骨中之油質洗去，則較為無害，容易腐爛，骨之大塊者，土壤中不易分解，故應用時，預研成粉末始可，骨骼為最不易溶解之肥料，故土壤中有時存留至數年之久，尚未被植物吸盡者，故須應用硫酸，使成一種易溶性之肥料，茲將各種骨中之成分，列表如左。

成分 種別	水	分	有機物	磷酸鈣	碳酸鈣	鉀	鹽	砂	總計	氮	磷
生骨	11.06		30.48	50.69	5.02		2.25	0.50	100	3.61	
骨	12.02		28.71	49.28	8.92			1.07	100	3.47	
骨	7.00		20.00	64.00	7.30		0.70	2.00	100	2.5	
骨	6.70		—	73.52	10.09			9.69	100	—	

除以上之外，尚有骨灰一種，含百分之七五至八〇之碳酸鈣，此種骨灰，原用以提清糖

料，惟其至不能提清糖料時，均作為肥料之用，同時又含少量之氮素。

〔羊毛之殘渣〕毛織廠中所殘餘之羊毛殘渣，有時亦用作肥料，其中成分列表如左。

種別	水分	氮素	氮化鉀	五氟化磷
英國羊毛殘渣	7.9%	7.0%	0.3%	0.4%
美國羊毛殘渣	15.8%	6.5%	1.2%	0.35%

〔煙煤〕未將煤炭完全燃燒時，常生煙煤 Soot。含有氮素化合物，即銻鹽與含氮素有機物也。煙煤之為肥料，視其中所含之氮素而定，普通煙煤中，所含之氮素，約為百分之二，若將煙煤為肥料，能增加土壤吸收日光熱度之能力，並能使土壤鬆而多孔，且能殺害虫除虫能力，因其中有銻硫及黑油也，其化學成分，可參觀下表：

炭 氮 氧 灰分 黑油 硫 氫 酸度

烟煤 五三% 三七% 四二% 一七八% 一三五% 二二〇% 一三五% 〇二六%

〔油餅〕榨油廠之油餅，含有充量之植物養分，即鉀鹽、磷酸、氧素三者是也，此項肥料在土壤中不易分解，故為緩性的肥料，油餅之無油者，較油質未盡驅除為尤佳，因易氯化腐爛故也，油餅之成分，可觀左表。

種別	水分	氧素	鉀	鹽	五氯化磷	油
菜子餅	12.0%	5.5%	—	—	—	10.3%
帶壳棉子餅	—	4.3%	1.5%	—	3.1%	5.1%
蓖麻子餅	9.5%	5.5%	1.1%	—	1.7%	4.0%

農藥化學

第六章 特別肥料

上章所述肥料，大都關於有機物類方面，其關於無機物的或人造的肥料者，縷述如下，此項肥料，可分爲四部：

- (一) 氮質肥料
- (二) 磷質肥料
- (三) 鉀質肥料

(四) 雜類肥料

多數有機物的肥料，常含各種之養分，但今所論列之肥料者，專施於田中一二種養分之肥料也，善用之，能補田中之所缺，而免田中之所餘，較用複雜性有機肥料為經濟，為合法。

(一) 氧質肥料 屬於此部之肥料，為硝酸鈉與硫酸鈣二種，近年又有新發明，鹼青化鈣 Calcium cyanamide 與硝酸鈣二種，有時硝酸鉀，亦入於此部。

[硝酸鈉] 硝酸的 Sodium Nitrate 又曰智利硝 Chili saltpetre。產於南美洲之祕露，智利，玻利非 Bolivia 等國，其礦大概發現於無雨境內之砂土層底，天然硝酸鈉名曰 Caliche。在礦中厚薄不等，自數寸至十餘尺皆有見之，先用炸藥炸開礦門，然後用鑿擊碎礦石，運往精製廠，以結晶方法提清雜質，即可發賣，其平均成分如下。

硝酸鈉

九六・七五%

水分

一一・一〇%

氫化鈉

○・七五%

硫酸鹽

○・三〇%

不溶性物質

○・一〇%

其原適中又可提取少量之碘素，每百尅重之粗礦石，能出五十尅重碘素，純潔之硝酸呈白色晶體，不含水分，惟從潮濕空氣中，吸水極易，其除用作料肥外，尚可爲製造硝酸、火藥、硝酸鉀之原料。當作肥料之硝酸鈉鹽中，含硝酸鈉總在百分之九十五以上，即含氮素百分之十五、六以上，因其極容易分解而爲植物所吸收，故須用在植物生長興旺之時期，否則有流失之虞。此外特別注意者，此項肥料不宜隨意置處，因其具毒斃牲畜之能力，若硝酸鈉鹽中含有百分之一以上之過氫酸鈉 *Sodium Perchlorate NaClO₄*，即對與作物，亦生減少產量之影響。

硝酸鈉鹽爲人造肥料中最重要之氮質肥料，大可替代海鳥糞化石之施用。因現海鳥

糞化石之礦已漸告罄，而世界出產硝酸鈉量尙旺，一九一一年其消費總量在於二百萬噸以上。

[硫酸銨] Ammonium Sulphate 含氮素有機物經熱氣蒸燒於無空氣之中，分解爲各種之氣質，其中所含之氮素，亦成鹵精氣而飛散，散當煤塊蒸之時，亦得同樣之結果，故成爲供給銨鹽最重要之原料。平常煤塊約含百分之一氮素，用火燃燒之，乃生游離之氮素，然以蒸溜之法，則其氮素變成鹵精氣，吸入於水蒸氣之中，冷卻後，即成爲鹵精水。製造爲燃料之煤氣，與爲溶鐵之骸炭，皆須用煤蒸溜而得之，故產有極多之鹵精水，可爲製造銨鹽之原料。除上述兩種製造業能得銨鹽之副產外，尙有石蠟油之製造，生鐵之溶鑄，與生成氣“Producer gas”之製造，亦可得鹵精水之出產。

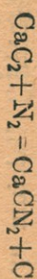
由上所述製造業而來之鹵精水，成分駁雜，中含硫化銨，碳酸銨，抱硫硫酸銨，硫青酸銨，氰化銨等，至製造硫酸銨之法，將此項鹵精水，加入石灰，用火煮之，發生鹵精氣，引入硫酸之

中，成硫酸銹溶液，蒸發至乾，硫酸銹鹽即結晶發現矣。舊法將硫酸倒入礦精水中，蒸發之即畢，惟所得之物，多含雜質，特別如硫青酸銹。極有害於植物之生長，欲查檢肥料中有無硫青酸銹之存在。可用少許氫化第二鐵液滴入溶液中，若發現血紅色者，則示硫青酸銹之存在焉。第二種有害雜質須當注意者，即砒酸之有無也，倘所用之硫酸無有砒酸之夾入，則硫酸銹中決無砒酸之雜質，硫酸銹中含有多量之砒酸，則呈黃色狀態。

理論上煤塊含有百分之一・三之氧素，則每噸煤應產一四九磅之硫酸銹，然實際每噸煤僅得二十磅硫酸銹，因多數氧素仍在骸炭之中，成變為游離氧氣，及各種含氧素之黑油質。但從製造生成氣者，可得硫酸銹量，較上數多三四倍，設煤塊中之硫素。引之成爲硫酸。則出產硫酸銹成本當然爲低下矣。

〔銹青化鈣〕 Calcium cyanamide 致成此物之法，將氧氣經過高熱之炭化鈣即得。第一次用作肥料，時在於一九〇一年，距其發明時代僅隔六年之久，其化學及應極簡單，

可參觀下式：



碳化鈣與氮素化合，成爲銜青化鈣及游離炭素，須有攝氏一千度高溫，方能化合，有人云加入少許氫化鈣，則其反應可在較低之溫度而化成。氮氣得自空中，但須將空中氮氣預先驅除。驅除氮氣之法有二：(一)將空氣經過熱銅。(二)將空氣部分蒸溜。若將石灰與骸炭或煤在空氣中燒到攝氏二千度時，亦可成銜青化鈣。

市場所見之銜青化鈣係黑色細粉，有鹼性反應，具碳化鈣之臭味。含雜物頗多。大約其中百分之四八至五八爲真正銜青化鈣。其餘爲石灰（一六至三〇%），炭（一二至一六%），氫化鐵（二至四%），及砂（四至七%）等。其含氮素量僅占百分之二十。而純潔銜青化鈣須有百分之三五之氮素，暴露空中，能吸收水分與二氫化炭，但不呈潮濕狀態。

真正銜青化鈣之組織，可參觀下列之方式：

$$\begin{array}{c} \text{Ca} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \equiv \text{N} \end{array}$$
 卽示由銜青化質 HC_2N 中

兩氫原子，調換一鈣原子而成。銹青化鈣施入土壤中所起之功用，較與硫酸銹相彷彿，不過施用分量太多，有礙土中硝化之作用。

製造銹青化鈣之成本，全視炭化鈣之價格，而製造炭化鈣之成本，則視電力之價格，所以電價低廉，則產出銹青化鈣價格亦低廉矣。

[硝酸鈣] Nitrate of Lime 利用電力，造成氮素肥料，近年已見實行，空氣經過發生強力電火之電爐，其中之氮與氧分子，受高熱結果，先各分解為原子，如 $N_2 \parallel 2N, O_2 \parallel 2O$ ，繼之氮原子與氧原子化合為氮化氧，如 $O + N \parallel NO$ ，化合之後，即須立刻冷卻。否則勢將還原。然溫度降至六百度，則使氮化氧吸加氮素，成為二氮化氧氣 NO_2 ，易溶於水。變為硝酸與亞硝酸。倘水中多加石灰，則均成為硝酸鈣，所得物質約占百分之七十五之硝酸鈣，其餘為石炭。市場所見之硝酸鈣，係一種白色或黃色物質，含有百分之十三之氮素，易溶於水中。並易吸收水分而變成潮解，實際田間試驗之結果，其功效適如硝酸鈣相同，但有時土壤

中更爲優越，因其除氮素功用外，尚有石灰功用之加入。

(硝酸銨) Ammonium Nitrate 此乃一種極濃的氮質肥料。含氮素占百分之三十五。惜其價格極高。不能利用爲肥料。雖能低價得之，但其具吸空中濕氣能力太大。亦難以處理。

[硝酸鉀] Potassium Nitrate 施用硝酸鉀爲肥料能得雙料之肥價，即氮素與鉀素是，且此氮素與鉀素極容易爲植物所應用，但其價格太高，除特別情形外，難以用作肥料。硝酸鉀亦如硝酸鈉係熱帶無雨境內之礦產，最多在印度國。古時法國製造硝酸鉀之法。將拉圾及有機物堆積於棚內地面不透水分，肥料堆上，時時澆以尿水肥料水等，歷時較久，再澆以清水，由肥料堆流出之水，積集一處，然後加以木灰，其中發現碳酸鈣沈澱者除去之，硝酸鉀則用蒸發及結晶法而得之，其化學反應程式如下：
$$K_2CO_3 + Ca(NO_3)_2 = CaCO_3 + 2KNO_3$$
而現時硝酸鉀大都以硝酸鈉與氟化鉀連合，成爲食鹽與硝酸鉀，蒸發之，食鹽首先結

品取出，再冷却即可得硝酸鉀矣。

(一) 磷質肥料 上章所述數種肥料，亦因其含有多量磷酸而作肥料者，如海鳥糞、蒸骨、燒骨等。今所述他種磷質肥料，較前更為重要者也，然入本題之前，請先將肥料中磷酸之各種類，簡略說明之，以清眉目，各種磷酸如下：

(1) 磷酸三鈣或曰磷酸鈣 Tricalcium phosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

(11) 磷酸二鈣 Dicalcium phosphate $\text{Ca}_2\text{H}_2(\text{PO}_4)_2$, or CaH_2PO_4

(111) 磷酸一鈣或曰酸性磷酸鈣 Monocalcium hydrogen phosphate CaH_2

$(\text{PO}_4)_2$

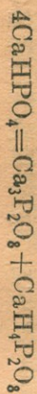
(四) 磷酸 Phosphoric acid $\text{H}_3\text{P O}_4$

(五) 磷酸鐵或磷酸鋁 FePO_4 , or AlPO_4

(六) 磷酸四鈣 Tetracalcium phosphate $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$

磷酸三鈣，係一種白色不溶性之物質，但易溶化於酸中，此磷鹽常發現於骨幣，多數礦石及海鳥糞化石之中。含磷酸鹽最重要之產石，曰磷灰石 Apatite $3\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8\text{CaCl}_2$, or $3\text{Ca}_2\text{P}_3\text{O}_8\text{CaF}$ ，分氟磷灰石與氟磷灰石兩種。

磷酸二鈣乃由沈澱法製造而成，一種白色固體，含有二分子之水，稍為溶解於水，能溶解於中性之鹽液中，如檸檬酸鈣。於植物根酸中溶解度較磷酸三鈣為大，倘用水久煮之，則變成磷酸三鈣與磷酸一鈣。其化學反應如左：



磷酸一鈣乃由磷酸二鈣溶解於磷酸之中所得之晶禮物，須用醇與醇精洗淨之，倘不與磷酸接觸，則不吸水分，加以水，則沈澱為磷酸二鈣與磷酸，但加大量之水，或有磷酸之存在，則不起如斯之變化。

磷酸乃種厚重且半固體性物質，其比重為一·八八，得由磷酸鈣則硫酸分解而來，

$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{PO}_4$ 不能溶化於水中。

磷酸鐵與磷酸鋁皆不能溶化於水，亦不如磷酸鈣及其他之磷酸鹽，可以溶化於弱酸之中，如醋酸，故其難為植物所利用，而少肥料之價值。

磷酸四鈣得自溶鐵所燒乘之鐵渣，不易溶化於水，但能溶化於鹽質溶液之中，因此能作為植物之養分，現將述及磷質之種類如左：

糞石 Coprolites

磷塊石及其附屬亞種 Phosphorites and their Varieties

利滕達磷酸石 Redonda phosphate

過磷酸礦石 Mineral superphosphates

鹽基性溶滓 Basic slag

過磷酸骨骼 Bone superphosphates

〔糞石〕糞石出產於英法兩國，狀如凝結瘤體，發現於白堊淤積之中。乃已滅古食魚動物之遺糞所變成之化石，其中成分，頗不相同，茲舉其主要分子如左：

磷酸鈣

五〇至六五%

碳酸鈣

二〇至二五%

氟化矽與他質物等

一〇至二〇%

糞石用作肥料之調製法有二：(一)將生礦石研成細末，(二)用酸將其變成過磷酸狀。〔磷塊〕石磷塊石之種類甚多，其著名之出產地。為腦威、加拿大、比、美、法等國。大都作為製造過磷酸石炭之原料。然間常亦有研成細末施用者。磷塊石係雜體之磷炭石所結成，含有氟化鈣鹽或氟化鈣，惟含有氟化鈣之磷塊石，則不宜為製造過磷酸石之原料。其不宜適用之原因，容於後節說明之。再其鐵鋁分量之多少，亦須注意及之，因其能影響磷酸礦石之價值，現在世界磷礦石產額逐漸激增，蓋各處新磷礦時有發現，下列一表，顯示各種磷礦石

含有磷酸三鈣量之成分。

糞石

含有磷酸三鈣

五〇至六〇%

比國磷礦石

三三%

美國弗洛利達磷礦石卵

六〇至六五%

美國南加羅拉那磷礦石

五八%

及氟化鈣

一至二%

德國磷礦石

三〇至七五%

加拿大磷礦石

八〇至九五%

〔利·勝·達·磷·礦·石〕此礦含磷酸鋁量極多，若不用硫酸調製，則難作肥料之用途。

〔過·磷·酸·磷·礦·石〕過磷酸磷礦石大都以從生磷礦石所製成，因生磷礦石極不溶化，故

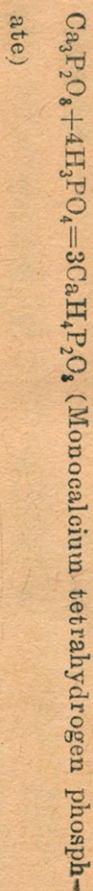
少肥料之價值，然或將生磷礦石研成極細粉末，有時亦可使其磷酸分解而為植物所用。

當磷礦石施以硫酸製成過磷酸磷礦石時，硫酸調換其中化合之磷酸，釋放流離之磷酸，其化學程式如下：



同時硫酸又與礦石中之碳酸鈣、氟化鈣、氯化鐵、與氯化鋁等起化學作用，發出二氯化炭、鹽酸與氫氟酸 Hydrofluoric acid HF 等氣質，耗去所用一部分之硫酸，往往此等化學反應完全之後，方能起硫酸對於磷酸鈣之作用。

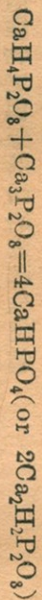
平常製法，所用硫酸之量，僅能釋放一部分磷酸鈣之磷酸，嗣後游離磷酸與未曾改變之磷酸三鈣互相作用，成爲四氫磷酸一鈣。



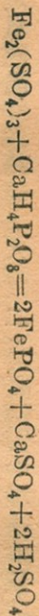
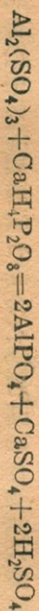
因此過磷酸礦石，實含有硫酸鈣 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、四氫磷酸一鈣 $\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8$ 、磷酸三鈣

$\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$ 及少量之硫酸鐵與硫酸鋁，其中最重要之成分為四氫磷酸一鈣，因其易溶於水，然過磷酸礦石置放長久，則示減少其易溶性之磷酸，而增加不溶性之磷酸，其原因有二：

(1) 磷酸一鈣與磷酸三鈣互相作用，致成磷酸二鈣 *dicalcium phosphate*。



(11) 磷酸一鈣與硫酸鐵與硫酸鋁交作，致成磷酸鐵與磷酸鋁。



然其變成不溶性之磷鹽，較之原來磷酸三鈣所具肥料價值為高，因其再遇酸質，溶解較易。

製造過磷酸之方法，將磷礦石末與適量之硫酸，倒入混合箱中，箱之內壁或鑲以鉛皮，或鑲以火磚，混合時所發出之二氯化炭氣氟酸與鹽酸氣質等，引入凝結器凝結之，以免毒

氣之飛散，因為法律所禁止，倘以火磚之箱，含氟化鈣之磷礦石則發生氣質的氟化矽。 Ca



$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 3H_2O$ 與水蒸氣相遇，成為氫氟矽酸及膠質的矽酸鹽，

$3SiF_4 + 4H_2O = SiO_2 + 2H_2 + 2H_2SiF_6$ 。因此含氟素之磷礦石有二害：(1)發生極有侵蝕能力之氫氟酸，侵蝕箱壁之火磚，(2)於凝結器中，堆塞多量之矽酸。

當混合箱中硫酸與磷礦石混合之後，將其混合物倒入磚坑中。此時混合物極容易流動。因其呈半流質體之形狀。在於坑中。硫酸鈣與水結合成為結晶體狀之石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 。吸乾出產物之濕氣。然後研成碎末出售。

硫酸對與骨灰、骨骼、或鳥糞石之作用。亦可造成同樣之過磷酸物。不過帶有含氟素之物質。茲將過磷酸類各種肥料之成分列表如左。

	過磷酸磷礦石	溶解的骨脂	溶解的鳥糞石	溶解的骨灰
磷酸一鈣	15—20%	9—15%	9—13%	20—29%
溶解性之磷酸三鈣	24—32	14—24	14—20	31—45
不溶性之磷酸鹽	1—4	16—21	5—12	1—6
硫酸鈣(+2H ₂ O)	52—54	28—33	16—30	46—51
鉀鹽與鈉鹽	2—2.5	2.5—3.5	6—10	1—2.5
矽精	—	2—3.5	7—10	0—0.2

〔鹽基性鎔滓〕鹽基性鎔滓者，今日價最廉物最美之磷質肥料也，大都係鍊鋼廠所出之副產物也，生鐵中之多量磷素，用石灰化合而提取之，一方面則成淨潔之鋼料，一方面則成磷質肥料之鎔滓。茲將其化學成分，列於左方：

石灰

四五·〇四%

氟化鎂

六·四二%

氟化鋁

一·五〇%

氮化第一鐵

二・一〇%

氮化第二鐵

一五・四二%

氮化錳

三・五〇%

氮化鈮

一・三五%

氮化矽

五・八〇%

硫黃

〇・三二%

鈣素

〇・四〇%

五氮化磷

一八・一〇%

共計

九九・九五%

利用石灰提清鎔鐵之法，乃 Thomas 及 Gilchrist 二氏所發明，故所出含磷素之鎔滓，又曰 Thomas phosphate，其中之磷酸爲磷酸四鈣 Tetracalcium phosphate

$\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 。鎔滓中之常呈晶體粒者，卽此物也。此鹽極溶解於百分之二之檸檬酸溶液中，若將鎔滓研成細末，此鹽卽可供給爲植物所用，無需他種化學方法之調製，愈細愈佳，大約須細於經過百分之一吋大之孔。缺乏石灰及豐富有機物之土壤，施用此項肥料，最有益處，除鍊鋼廠出產之鹽基性鎔滓外，尙有多種德國人造之磷質鎔滓，以生磷礦石與含矽素的物質如矽、石灰石等相鎔化而成，或以磷礦石與鹼灰相鎔化爲成。

(III) 鉀質肥料 土壤中之鉀素較氧磷兩素分佈爲廣，缺乏較少，因而施用鉀質肥料較施用氧質與磷質肥料亦爲少，惟有數種作物如薯類，若能多施鉀質肥料，必能得美滿之結果。昔時鉀質肥料，皆以草木枝葉燒得之灰燼，卽現時草灰仍廣施用，雖其含有他種礦物質如磷鈣等，然以鉀素佔多數。現在鉀質肥料之來源，大都從德國斯達福礦中之鉀礦，鉀礦種類頗多，茲舉其主要者說明如下：

鉀鹽純礦 Sylvine, K₂Cl

鉀鹽雜礦 Sylvinite 含有鉀鹽純礦石鹽及今近礦。

砂金石 Carnallite. $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

苦土火山石 Schonite (Pieromerite) $MgSO_4 \cdot 6H_2O$,

硫酸鎂礦 Kieserite. $MgSO_4 \cdot H_2O$ 夾以砂金石。

今近礦 Kainite. $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$ or $MgSO_4 \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$

雜鹵石 Polyhalite. $K_2SO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot H_2O$

以上之鉀礦石，均夾以他種之物質。如石鹽等，其中發現最多者為砂金石，而運銷最廣者為今近礦，因後者含鉀素甚多，即可節省運費。

主要鉀質肥料非含有氫化鉀，即含有硫酸鉀，氫化鉀在於土壤中雖較硫酸鉀瀰散為速。然其所具長處，不若硫酸鉀之多，譬如施入土壤之中，鉀鹽與鈣鹽互相作用，而成氫化鈣或硫酸鈣，前者有害於植物，後者非但無害，而且有益，加之施壅多量之氫化鉀於土壤中，作

物中如煙草者，吸入體內，乾後着火能力不均，因其含有易鎔化性氫化鉀。若用硫酸鉀，則作物無此易鎔化性之灰質，惟對於作物如苜蓿、玉蜀黍與牧草，氫化鉀之功效尚無大害。

砂質土壤或石灰質土壤需用鉀質肥料最殷，黏質土壤罕需要之，土地種以薯類、草類，及豆類作物，若能施壅鉀質肥料，特別有利。施壅鉀質肥料最佳之時期，乃秋冬兩季，因此可使鉀質瀰散於土壤之中，然後植物能即吸用。鉀質肥料對於排水，無有損失之虞，茲將市上主要鉀質肥料說明如左：

〔氫化鉀〕市上所售氫化鉀鹽，約含純粹氫化鉀占百分之八十，以氫化鉀計算，約占百分之五十一。

〔硫酸鎂與硫酸鉀混合物〕含此成分之礦石為苦土火山石 $MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 6H_2O$ ，理論應有百分之四十四為硫酸鉀，其實平均僅佔百分之四十二，市上所售者，先用火煨過，將其中所含水分驅去，故硫酸鉀增加至百分之四十八，約計氫化鉀百分之二十六。此外尚

含有百分之二之石灰，及百分之二·五之氫素。

〔鉀鹽雜礦〕此礦含有食鹽水分等，其中之氯化鉀平均約占百分之十六至十七。

〔硫酸鉀〕此中之純粹鹽約占百分之九十至九十五，（約計氯化鉀百分之四十九至五十一）但因其價甚高，常難以用作肥料。

〔今近礦〕鉀質肥料中施用最廣者，莫今近礦若，此礦來自德國岩礦，研細施用，其成分常不一定。因混以他種之礦物，特別如砂金石、石鹽等。所含氯化鉀之量，約占百分之十二至二十。食鹽百分之二十五至四十五。此外尚有石灰、氟化鎂及硫酸鹽等。若含氟化鎂過多者，則不相宜。因此物極容易潮解。

（四）雜類肥料 此類肥料並不含氟磷鉀之肥料三要素，而含他種之植物養分，或具釋放土壤中不溶性養分之功用，茲將其最重要者，列述於后。

石膏

石灰

硫酸第一鐵

煤氣石灰

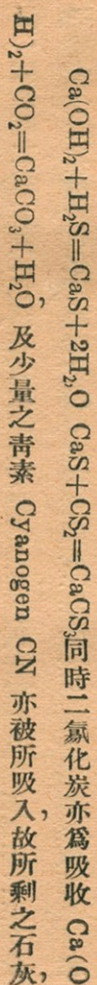
〔食鹽〕吾人常以爲食鹽無有肥料之功效，然細究之，其能釋放土壤中鉀、鈣、與鎂等化合物，對於作物中若黃荃菜與菜類者，而有甚顯明之良效，且能改土中物理性質與保蓄水分力，從鹹魚與鹹肉中留剩之食鹽，用作肥料，又有氧素之加添，再土壤中之食鹽溶液，當較其水力溶解磷酸鹽矽酸鹽等爲大。

〔石膏〕施用石膏於苜蓿、菜菔等作物，甚有效驗，其致良效之原由，或爲硫素之原料，然其實具有釋放土中矽酸鉀能力所致成，並具能促進硝化之作用，倘土地施以過磷酸礦石，則不需石膏之肥料，蓋過磷酸礦石含有極多之硫酸鈣也。

〔石灰〕當作肥料之石灰，含有多量之氯化鈣、氫氯化鈣、或碳酸鈣，同時尚有少量之氯化鎂、磷酸、與氯化鐵，石灰最重要之功用，以其碳酸鈣能促進硝化之作用，前章已論之詳矣。又能中和泥炭田中之有機酸，蓋有機酸有害植物之生長，與調換矽酸鹽中之鉀素，苛性石灰如氯化鈣或氫氯化鈣，施入土中迅速變為碳酸鈣，但其所具之作用較白堊及石灰石之石灰為有力，其所以然者，因苛性石灰容易溶解，於變成碳酸鈣之前，已分佈於土鹽中勻而且廣。但施用白堊灰或石灰石粉，僅能以機械的混合，故其分佈不見廣勻也。由含鎂素之石灰石所得之石灰，亦混以氯化鎂之存在，用作肥料較純粹石灰質地為次，因考苛性狀態之鹽基，皆有害於植物，據云氯化鎂不易與二氯化炭化合，故含有多量氯化鎂之石灰，因為氫氯化鎂 $Mg(OH)_2$ 之故，保持其苛性狀態，比較純粹石灰為久，施用石灰分量太重或次數太多，有耗竭土壤中含氧素腐爛有機物中之虞，但石灰對於黏土之功用，球結黏性之土粒，變成疎鬆之狀，前章已經述及，茲不復贅。

[硫酸第一鐵]市上所見之綠礬 Copperas or green vitriol $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 間常作爲鐵質之肥料。土壤中雖含鐵素極多，儘夠植物吸用，然按照 Griffiths 氏之試驗，施用少量之硫酸第一鐵於草類、豆類、菜類、薯類、穀類等作物及黃蓼菜等，均見良效。因硫酸鐵能增加植物葉綠素之分量，故亦增加作物之固體物、蛋白質及磷酸鹽。該氏又云，鐵素能可代植物體中鉀素之作用，故有時硫酸第一鐵亦可代替鉀質肥料之施用，而其施壅，除其鐵素所具之功用外，尙具硫素之功用也。

[煤氣石灰]製造煤氣時，各種硫素化合物均從煤中蒸發，除由礮精水吸入外，尙有多量進入氣煤中，因其不利於煤氣之燃質，故須舉行清潔之方法。普通方法，以和水石灰，吸收煤氣中之硫化氫與二硫化炭，其反應如下：



係一種雜體之物，含有硫化鈣、硫酸鈣、亞硫酸鈣、碳酸鈣、硫青酸鈣、氫氟化鈣等之主要分子，並含少量之磷精、青化鈣、鐵、青化鈣等。其中數種分子極有害於植物，新鮮煤氣石灰，不能即作為肥料，須將其多時暴露風雨之中，使其中之硫化、亞硫酸等質，吸收空中氫氣，先變為抱硫酸鹽，後變為硫酸鹽方可致用， $\text{CO}_2 + 2\text{CaS} + 3\text{O} = \text{CaSO}_4 + \text{CaO}$ (抱硫酸鈣) + CaO
 $\text{O}_2 \cdot \text{CaSO}_3 + \text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot \text{CaSO}_3 + 2\text{O}_2 + \text{CaH}_2\text{O}_2 = 2\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

〔硫酸銅〕此物無有直接養分之價值，故罕用為肥料，然有人用於薯類與穀類作物，而得顯明良好之效果，或其為刺戟植物生長之故也。

〔接觸肥料〕此項肥料，雖無直接供給之養分，而對數種植物頗有效驗。錳鹽之作物補劑。鋅鹽之食菌生長助品，其餘如硼、碘、氟、溴等化合物，均對數種作物收成見有益之效果，不過彼等市價太高，難以作用肥料。

第七章 植物之化學成分

植物中所含之原質，已在第一章緒論中詳論之矣。繼之數章，論及大氣土壤及肥料，皆對於植物需要之養分而立論者也。是以植物中屬原素之成分，已詳述無遺。惟對於植物中各部分所含化合物成分，尙未論列及之。此章所論，乃屬於植物中所含有機化合物之化學者也。植物中之有機化合物種類甚夥，要可分爲左列七大類：

(I) 炭水化物類 Carbohydrates。

- (II) 脂油與蠟類 *Fats and waxes*
- (III) 有機酸與有機酸鹽類 *Organic acids and their salts*
- (IV) 精油與樹脂類 *Essential oils and resins*
- (V) 無機鹽類 *Inorganic salts*
- (VI) 含氧物類 *Nitrogenous substances*
 - (I) 蛋白質 *Albuminoids*
 - (二) 銹酸與銹基化合物 *Amino-acids and amino-compounds*
 - (三) 植物鹼質 *Alkaloids*
 - (四) 青化生糖質 *Cyanogenetic glucosides*
- (VII) 葉綠素與其他色素類 *Chlorophyll and other colouring matters*
- (I) 炭水化物 此類之有機物，植物中皆含有之，要皆中和性物質，均含炭、氫、氧三原

質。其中氫、氧二者重量之適為水中氫、氧之比，即十六與二之比也。其所含炭素原子數總以五或六，或五六炭原子之複數，就中大多數能致極光鏡左旋或右旋，並有多數能用化學方法、人工製造，炭水化物可分為五大類。

(1) 單糖類 *Monosaccharoses* 單糖類乃二個炭之炭水化物，含二個炭素者有二炭糖 *Biase* $\text{CHO} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$ 含九個炭數者有九炭糖 *Nonose* $\text{CHO} \cdot (\text{CHOH})_7 \cdot \text{CH}_2\text{OH}$ 最要之單糖類為五個炭素 *Pentoses* 與六個炭素者 *Hexoses*。茲將植物中發現之最要者說明之如左：

(a) 間質醇 *Aldose* 即單糖類之含 $\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array} \text{C} \text{---}$ 之根基者。如

五炭糖 *Pentoses* $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ 有

樹膠糖 *L-arabinose* $\text{CHO}(\text{CHOH})_3 \cdot \text{CH}_2\text{OH}$

木糖 *L-xylose*



六炭糖 Hexoses $C_6H_{12}O_6$ 有

葡萄糖 d-glucose $CHO(CHOH)_4 \cdot CH_2OH$

甘露蜜糖 d-mannose ”

分解乳糖 d-galactose ”

(b) 擬間質醇 Ketoses 即單糖類之含 $O=C$ 之根基者如

六炭糖有

果糖 d-fructose $CH_2OH \cdot CO \cdot (CHOH)_3 \cdot CH_2OH$

薔薇糖 d-sorbose ”

(1) 雙糖類 Disaccharoses $C_{12}H_{22}O_{11}$ 此類炭水化物皆含十二箇炭素，或為兩箇

六炭糖少去一分子水所組成，故以酸或醇質加水分解仍為六炭單糖類，其連合乃一箇氧素在兩箇六炭糖之中間，可分為二屬。

(a) 具還原性之雙糖，有

麥芽糖 Maltose—glucose a-glucoside。

乳糖 Lactose—glucose b-galactoside。

(b) 不具還原性之雙糖。其最要者即

蔗糖 Sucrose—glucose and fructose。

(三) 三糖類 Trisaccharoses, $C_{18}H_{32}O_{16}$ 此類炭水化物之最要者，僅棉實糖

Rafinose 一種而已。乃為分解乳糖 Galactose 葡萄糖 Glucose 及果糖 Fructose 所組成，具左旋性極強，不具還原性，遇酸質則加水分解，先為二甘露糖 Melidiose 及果糖。終為葡萄糖、分解乳糖、及果糖。

(四) 四糖類 Tetrasaccharoses $C_{21}H_{42}O_{21}$ 其中最重者，為薄荷糖 Stachyose 為果糖、葡萄糖、及二個分解乳糖所組成。

(五)多糖類 Polysaccharoses ($C_6H_{10}O_5$)_n 此類之炭水物較前述數種益複雜，要皆多數六炭糖所組成，惟此數無定，故以 (n) 表示之，其最要者，有下列數種。

澱粉 Starch

糊精 Dextrin

獸臟粉 Glycogen

土木香粉 Inulin

左旋澱粉 Levulin

纖維質 Cellulose

樹膠 Gums

此外植物中尚有似炭水化物之其他化合物多種，茲特別列於左方：

一 炭矽基五炭糖 Methyl pentoses $C_6H_{12}O_5$ 如鼠李糖 Rhamnose 異性鼠李糖，

Chinovose 及海草糖 Fucose

原藻醇 Erythritol. $C_4H_{10}O_4$

側金盞花醇 Adonitol $C_5H_7(OH)_5$

甘露密醇 Mannitol, 甜醇 Dulcitol 及清涼茶醇 Sorbitol $C_6H_8(OH)_6$

桂樹醇 Perseitol. $C_7H_8(OH)_7$

糠間質 Furfuroids

木纖維質 Lignone or Lignose

果蔬膠質 Pectin Substances

生糖質 Glucosides

〔單糖類〕 (1) 五炭糖屬中之最要者爲

〔樹膠糖〕 植物中罕見此物單獨分離，常與他物相混合，植物組織中一種膠質，曰

araban, 用酸加水分解之, 則得樹膠糖, 結柱形晶, 具極甜之味, 能溶化水中, 但不溶化於酒醇。天生者多具左旋性, 雖然, 有幾種人造者, 亦能右旋之。

[木糖] 植物中此物亦罕單獨發現, 製法將一種樹膠曰 Xylan, 用酸加水分解之, 即得此物, 其性質與樹膠糖相似, 不過不能溶解於醇中, 具能還原性。

一糖炭矯基五炭中之

[海草糖] $C_5H_8(CH_2)O_5$ 得自一種海草, 曰 Fucus nodosus, 但於多種海草細胞膜壁, 發見其同化異量體之 Fucosan。此糖具結晶體, 甜味, 並極容易溶解, 以鹽酸蒸溜之, 可得一炭矯基糠質醇 Meteyl furfurol。

[鼠李糖] $C_6H_{12}(CH_2)O_5 \cdot H_2O$, 此物植物中, 不現游離狀態, 常與他物相化合, 結成之物與生糖質相彷彿, 用稀酸或礬水接觸, 即成此物, 如多數植物中之茱萸、蛇麻、茶葉、栗子等。均有橡樹皮黃色染質 Quercitrin 之發現, 加水分解之, 即成此物與橡樹皮黃色染精, 其

化學程式如左：

$C_{21}H_{20}O_{11} + 2H_2O = C_6H_{14}O_6$ (鼠李糖) + $C_{15}H_{10}O_7$ (橡樹皮黃色染精) 此物結晶頗堅，極易溶解水中，具甜味，轉帶苦味，熱至一百零五度，消失其結晶之水分，用化學方法氫化之，則成甜味易溶之鼠李醇 Rhamnitol or Rhamnitol $C_6H_{14}O_5$

(2) 六炭糖中之最要者爲

〔甘露密糖〕此物得自多數植物中之樹液，特別如秦皮屬 *Manna-ash* 滲出之樹液，用鉑炭氯化之即得，並能從多數種子中澱粉，用酸質作用後而得之。

〔葡萄糖〕各甜果中幾均含有之，常與果糖相聯合，多糖類加水分解之後，能生此物，市上之葡萄糖，係自澱粉沸以稀硫酸所成之品，用以製造糖漿與釀酒，不易結晶。其甜味較蔗糖爲淡，具能還原性，而極易發酵。

擬間質醇中六炭糖之最要者爲

【果糖】各甜果中，均含有之，使蔗糖加水分解，即得此物。



香粉以熱水之作用，亦能生果糖。

【薔薇糖】此物發見於秦皮菓中，結晶體，味極甜，與鹼質變黃色，具能還原性，不能以菌發酵。

【雙糖類】雙糖類之糖可用釀母菌或稀酸加水分解為單糖，而雙糖類之最要者，為

【蔗糖】蔗糖為糖類中之最重要者也，多數植物均有含之，特別在於甘蔗、糖楓、糖蓼菜、及蘆粟中，散佈最廣，甘蔗汁中約含百分之十七左右，糖蓼菜則含有百分之七至十六，蔗糖亦發見於嫩玉蜀黍、棕樹、菜菔、黃蓼菜、香橡、赤楊、花密、果實等汁，商品之蔗糖，大都是從甘蔗、糖蓼菜及糖楓樹汁製造而得。

【乳糖】 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ ，動物乳中所含之糖也，將乳汁蒸發之即得，能結斜方晶，甜

味亞於蔗糖溶化水中亦較蔗糖爲難，可以爲藥。

〔麥芽糖〕 $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$ 此物得自澱粉受酵質作用而成，結針晶，能令 Fenling 溶液還原。

〔三糖類〕三糖類中之棉實糖，糖蓴菜中有之，又棉子中亦有之，與蔗糖相似，然無甜味，具不能還原性之能力，呈結晶狀，含三分子水。

〔四糖類〕上已述及，茲不復贅。

〔多糖類〕多糖類中之最要者，爲

〔澱粉〕澱粉散佈於植物中最廣，爲植物生長時所用之營養品，成顆粒狀，其形態不一，視其植物之種類而異，其顯微鏡下最易觀察而鑒別之，馬鈴薯粉之直徑約 $\cdot 0\cdot 5$ 糲，小麥澱粉之直徑約 $\cdot 0\cdot 2$ 糲，米澱粉之直徑約 $\cdot 0\cdot 0\cdot 6$ 糲，澱粉顆粒不溶於水，但在具七十度溫水中，則澱粉顆粒膜壁崩裂而膨脹，與水成漿狀，半流動體澱粉遇碘素，現美麗之藍色，溫

度愈低而藍色愈顯，此藍色之化學成分爲 $[(C_6H_{10}O_5)_4I_4 \cdot HI]$ 。取澱粉置入甘油中在一百九十度，熱至半小時，即變爲一種能溶性之澱粉，但不溶於酒精之中，所以加入酒精，能可沈澱此物，其化學成分爲 $(C_6H_{10}O_5)_{200}$ 。

[糊精] $(C_6H_{10}O_5)_{40}$ (?)。糊精爲澱粉糊，遇稀酸之所變得，或將乾澱粉熱至二百十度至二百八十度，亦可得此物，易溶化水中，遇碘素不現藍色，市上所售糊精，乃將澱粉熱至二百十度以上，或與硝酸熱至一百二十五度所得者，能爲樹膠之代品。

[肝澱粉] $(C_6H_{10}O_5)_2$ 動物肝中最多，數種菌類植物中，亦含有之，爲白色不結晶之粉，其化學成分爲 $(C_6H_{10}O_5)_2 + 2H_2O$ 。熱至一百度時，則失去其中之水分，能溶化水中，遇碘即變紅色，受酸質作用，則變爲葡萄糖，若受澱粉酵質 *Diastase* 作用，則變爲糊精、麥芽糖及葡萄糖。

[土木香粉] $(C_6H_{10}O_5)_{12} + 2H_2O$ 。大麗花、朝鮮薊、及菊科植物之根中均有之，乃一種

白粉，能溶化於熱水，而不溶化於冷水或酒醇，遇碘即成黃色，與水及稀酸同沸，即變成右旋果糖。

〔左旋澱粉〕 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 與土木香粉在大麗花朝鮮薊根中聯合發現，黑麥嫩實及橡樹皮中亦有之，乃一種不結晶、能潮解之物，受酸質之作用，則變成葡萄糖與果糖。

〔纖維質〕植物之驅體，要皆纖維質所組成，其構造之形態，隨植物之類別而異，大都與植物中他種化合物混合存在，惟因其性情，故易與他物分離而析出，設欲得純粹纖維質，可取植物組織，加以氫素，沸以苛性鉀或鈉液，洗以稀酸清水，酒醇及醇精，使其雜質溶解，而洗去，所存留者乃純粹纖維質也，其化學成分為 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，平常乾纖維含有百分之八之水分。不溶化於大多數溶媒，但能溶化於氫化鋅溶液或錳或化銅溶液中，當其遇硝酸時，成各種不同之硝酸化合物。就中火藥棉花，最為著名之品。

〔樹膠〕 $(C_6H_8O_2)_n$ 植物中其分佈極廣，不結晶體，能溶化水中或吸收水分，遇碘不變

色。以稀酸煮之，變爲簡單糖類，樹膠中之最要者爲阿刺伯樹膠 Gum Arabic 係從豆科 *Acacia* 屬樹皮所滲之膠，木膠係從五穀稈內木質中所含之膠。

[炭水化物醇類] Carbohydrate alcohols 其中有

[原藻醇] 原藻、地衣、及蘚苔植物中均有之，具甜味，熔度一二六度，不轉極光鏡。

[側金盞花醇] 發現於數種植物汁中，如 *Adonis vernalis*，或將異光樹膠 Ribose 脫氫即得。

[甘露蜜醇] 植物中含有此物者甚多，最著名者爲秦皮屬及菌類，其溶度在一六八度，右旋。將甘露蜜糖以鈉汞膏 Sodium amalgam NaHgO 脫氫即得，其異性體爲甜醇及清涼茶醇，亦發現於植物之中。

[桂樹醇] 果中及桂樹葉中有之，左旋性，溶化在一八〇度。

[糠間質] 五穀稈，芋蘆，及其他植物中有之。

[木纖維質]纖維質變成木纖維質時，非但物理性質改變，而其化學成分亦起變化，如 $2(C_6H_{10}O_5)(纖維質) = C_{12}H_{18}O_9$ (木纖維質) + H_2O) 而消失水分，然木纖維質亦極複雜，[果蔬膠質]此乃果莖根汁中之凝結物，含炭素百分之四一至四五，加水分解之，則變成五炭糖與六炭糖。

[生糖質]植物組織中所含之質，能受稀酸質或鹼質或酵母之作用，而變成葡萄糖者，故名生糖質。

(II) 脂油與蠟類 脂油乃脂油酸之甘油矯基鹽，脂油酸為一種有機酸，其最簡單者如蟻酸 $H.COOH$ ，醋酸 $CH_3.COOH$ 等是也。其共同方程式可寫作下式 $C_nH_{2n+1}COOH$ 。其構造為 $H-(CH_2)_n-COOH$ 屬於此項之脂油酸皆為飽和體，尚有一種不飽和體。其共同方程式可寫作 $C_nH_{2n-1}COOH$ 如巴豆油酸者即是也。所稱不飽和者，因其分子之構造式中必有二不飽和之炭素。可標如下 $C \begin{matrix} 1 \\ \parallel \\ C \end{matrix} - C \begin{matrix} 1 \\ \parallel \\ C \end{matrix}$ 。可以與氫素或其他物質聯合

成爲飽和之狀矣。脂油酸之種類甚夥。茲舉其較要者如左。

(一)飽和脂油酸

(a)脂蠟酸族 Acetic or stearic acid series $C_nH_{2n+1}COOH$:—

(1)蟻酸 Formic acid, H, COOH.

存於螞蟻蕁麻等中

(2)醋酸 CH_3COOH

醋等中含有之

(3)酪酸 Butyric acid, C_3H_7 . COOH

牛酪油中含有之

(4)羊脂酸 Capric acid, C_9H_{19} . COOH

牛酪油及椰子中含有之

(5)豆蔻脂酸 Myristic acid $C_{13}H_{27}$. COOH

椰子油及鯨腦油中含有之

(6)棕櫚酸 Palmitic acid $C_{15}H_{31}$. COOH

棕樹油中含有之

(7)脂蠟酸 Stearic acid, $C_{17}H_{35}$. COOH

牛油及多數脂肪中有之

(二)不飽和脂油酸

(b) 橄欖油酸族 Oleic acid series $C_nH_{2n-1}COOH$:—

(1) 巴豆油酸 Crotonic acid, $C_3H_5 \cdot COOH$ 在於巴豆油中

(2) 橄欖油酸 Oleic acid $C_{17}H_{33} \cdot COOH$ 橄欖油及他種油中有之

(3) 菜油酸 Brassic acid $C_{21}H_{41} \cdot COOH$ 菜子油中有之

(4) 蓖麻油酸 Ricinoleic acid $C_{17}H_{32}(OH) \cdot COOH$ 蓖麻油中有之

(c) 胡麻子油酸族 Linoleic acid, series $C_nH_{2n-3}COOH$:—

(1) 胡麻子油酸 Linoleic acid $C_{17}H_{31} \cdot COOH$ 胡麻子油及其他乾性油中

(d) 三炭亞油酸 Propiolic acid series $C_nH_{2n-5}COOH$:—

(1) 胡麻子亞油酸 Linolenic acid $C_{17}H_{29} \cdot COOH$ 胡麻子油及其他乾性油中

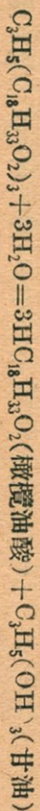
凡油類之分子爲飽和者，均非乾性油，凡爲不飽和者，大都爲乾性油，因不飽和之油，尚能吸收空中氮素，而成固體或膠黏之狀，可爲油漆油布之用，飽和者不再吸收氮素，仍呈流

質之狀，可爲滑油之用。

[甘油] 甘油基 Glyceryl $C_3H_5 = -CH_2 - \overset{1}{C}H - CH_2 -$ 。雖非一種物質，惟合三箇(OH)者，卽普通之甘油 Glycerol 也。其分子式爲 $C_3H_5(OH)_3$ ，乃一種無色具甜味之半流動體，其比重爲一·二七，能與水成無限制之混合，不易乾燥，因能吸收空氣中之濕氣，脂油既爲甜油之鹽類，故甘油可自脂油中取製之。將脂油加苛性鈉而煮之，卽得脂油鹽類(卽肥皂)與甘油，此項化學反應如下：



用食鹽加入溶液中，則肥皂浮於面上而凝結，其下卽甘油液，可用蒸溜法而得之，提取甘油或將脂肪用蒸氣加水分解之卽得，其反應可見下式：



至於植物油類，要皆自植物之種子中產出，最有用之植物油爲菜子油、棉子油、胡麻子油、蓖麻子油，均含有不同的有機酸之甘油基鹽，其製取之法有三，簡述之如左：

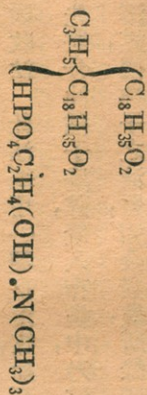
(一) 壓榨法 用此法者，先將種子洗淨，次壓碎之，再稍加微溫與稍調濕之，乃用巨大水力壓榨之，所得之粗製油加熱至一百六十度，使其中之蛋白質凝結，此謂之淨製法，壓器上所剩之殘滓，卽油餅，其中尙含有百分之六至十五之油分，爲肥料或飼料之一種。

(二) 吸收法 此法須用一種良溶媒，如石腦油 *Petroleum naphtha*、硫化炭等是也。其法先將含油種子磨碎，置入布袋中，乃浸入幾近飽和油分之溶媒，以後漸漸調換較低油分之溶媒，使種子之油質，完全吸盡，所餘殘滓，較用壓榨法所得者，飼料價值爲低。

(三) 水煮法 此法則用水煮植物種子，而使其中之油質浸出，此法常用之於吸取蓖麻子油與橄欖油，所得之油皆浮於水面，用撇取法使與水分離。

〔蠟類〕蠟類之存於植物界者，其量雖微，其散佈則亦甚廣，其成分與脂油相同，惟其三

價的甘油基，變含一價的甘油基，爲固體，其熔度在一百度以下，不具揮發性，不溶於水，惟溶於醇精，其構造式與脂油相同者，爲膽蠟 Lecithin，可爲此類之代表，在豆類種子中有之，其程式可寫作



(III) 有機酸與其鹽類 植物界中常含有多種有機酸，大都爲此種酸類鉀鹽鈉鹽或鈣鹽，有時或成單獨存在者，或與其他有機鹼類化合者，凡有機酸均含有碳酸基 $COOH$ “Carboxyl”，下列數種有機酸爲有機酸中之最著者。

蟻酸 Formic acid, $H.COOH$

草酸 Oxalic acid, $COOH.COOH$

酒石酸 Tartaric acid, $\text{COOH} \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{COOH}$

蘋果酸 Malic acid, $\text{COOH} \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$

檸檬酸 Citric acid, $\text{CH}_2(\text{COOH}) \cdot \text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2(\text{COOH})$

琥珀酸 Succinic acid, $\text{CH}_2(\text{COOH}) \cdot \text{CH}_2(\text{COOH})$

松茸酸 Fumaric acid, $\text{CH}(\text{COOH}) \cdot \text{CH}(\text{COOH})$

此項有機酸大都存於果實，如蘋果酸發現於蘋果、秦皮果、紅覆盆子、懸鉤子、酸櫻桃等，亦有數種有機酸聯合發現者，如覆盆子、櫻桃等同時有蘋果酸及檸檬酸，再果中之有酸味，因其中有酸性有機酸鹽，如葡萄中有酸性酒石酸鉀也，在植物中，最多者當為草酸鈣，其成分為 $\text{Ca} \begin{matrix} \text{COO} \\ \diagdown \\ \text{COO} \end{matrix}$ 結晶固體，存在植物細胞之中，酸性草酸鉀 KHC_2O_4 於酸漿草及大黃中有之，再樹皮酸 Tannic acid 於植物界中分佈極廣，其成分之變遷，視其原物衍化而異，於自然界中，常與葡萄糖相聯合，植物外皮、葉根或果均有之。

(IV) 精油類與樹脂類 精油~~之~~曰揮發油類，與樹脂均爲植物自然發生或受損而生之分泌物，此種分泌物皆具特臭，故植物之具特臭者皆因精油與樹脂之存在而生者也。二者之關係，樹脂乃精油類受氯化而成者，其存在於植物也。散佈於全部，如松杉之屬，或存在於植物之一部份，如花瓣、果殼、樹皮、或樹根中，皆爲存在之地，其生存之功用，則誠不可思議，其生存花瓣中者，諒係引誘昆蟲，易致互相雜交，其生存樹皮或樹根中者，諒係防阻動物之侵食，而保護其自身之生存。

植物中之精油當可設法製取之，其法要爲（一）壓榨法，（二）蒸溜法，（三）溶媒浸取法，精油不易溶化水中，但能液於醇精、迷蒙精及其他有機溶媒，其比重大都皆較水爲輕，其折光性頗強，凡精油中所具之成分，可簡分爲四大種：

1. 松油精類 Terpenes。

2. 樟腦類 Camphors。

3. 輪質衍化物 Benzene derivatives

4. 脂肪族化合物 Aliphatic compounds

(1) 松油精類 松油精類分子在精油中甚多，乃揮發流質，其化合式爲 $C_{10}H_{16}$ ，最要者爲

(a) 松油精 Pinene，有左旋右旋性，右旋者存於美國松節油中，左旋者存於法國松節油中，其比重爲 0.85 ，沸度爲 155 度。

(b) 檸檬油精 Limonene，爲精油中一大分子，右旋者存於檸檬油、香梨油、及橙油，左旋者存於松枝油、及俄國薄荷油，其比重爲 0.844 ，沸度爲 177 至 188 度，不旋光者曰 Dipentene。

(c) 雪爾弗油精 Sylvestrene，在於瑞士國俄國松節油中，及其他松油中含有之，其比重爲 0.85 ，沸度爲 176 至 177 度，具右旋性。

(d) 水茴香油 *Phellandrene* 沸度爲一七一度，比重爲〇・八四八，右旋者存於茴香油中，左旋者存於按樹 *Eucalyptus* 油中。

三三三松油精類 *Sesquiterpenes* 其化合式爲 $C_{15}H_{24}$ 適爲松油精類 *Terpene*

$C_{19}H_{36}$ 所含有之二分之三，故名爲流質，沸度在二五〇至二六九度，比重爲〇・九〇至〇

・九三六，杜松油精 *Cadinene* 丁香油精 *Caryophyllene* 栢樹油精 *Cedrene* 蛇麻

油精 *Humulene* 檀香油類 *Santalene* 薑油精 *Zingiberene* 皆代表此類之油精也。

羸質族松油精類 *Olefinic Terpenes* 精油中析得數種化合物，與松油精類相異者，爲其開練之構造，如桂樹油精 *Myrcene* 卽其中之一，比重爲〇・八一，暴露空氣中，迅速氮化。

(2) 樟腦類 此類精油爲松油精類受氮化而成者，可分兩屬，一爲醇屬。如

(a) 龍腦 *Borneol* $C_{10}H_{17}OH$ 俗名冰片，結晶體，熔度爲二〇三度，沸度爲二二二度，

將樟腦以鈉素脫氯而得，反之將此物氯化即成樟腦。

(b) 松油腦 $\text{Terpineol } C_{10}H_{17}OH$ 同分異性者頗多，在荳蔻油中見之。

(c) 薄荷腦 $\text{Menthol } C_{10}H_{19}OH$ 乃薄荷油中之主成分也，熔度為四三度，沸度為一一二度，比重為〇・八九，在天然界中與醋酸組成醋酸鹽發現之也。

1 為擬間質類 Ketones 如

(a) 樟腦 $\text{Camphor } C_{10}H_{16}O$ 樟腦樹 Laurus Camphora 中含有之，為無色結晶體，能溶化醇中，熔度為一七五度，沸度為二〇四度，其已證明之構造如下：

中。
(c) 黃樟質 *Safrol* $C_6H_3(C_2H_5)(OCH_2O)$ 發現於樟腦及黃樟樹 *Sassafras* 油

(d) 蒔蘿質 *Apiol* $C_6H(OCH_3)_2(O.CH_2O). (C_3H_5)$ 發現於旱芹 *Parsley* 蒔蘿
Dill 子油中。

(e) 麝香草質 *Thymol* 及香荊芥油質 *Carvacrol* $C_6H_3(CH_3)(C_2H_7)OH$ 發現
於麝香 *Thyme* 油中，前者係固體，熔度為四四度，沸度為二三〇度，後者係厚流質體，沸度
為二二六度。

(f) 輪間質 *Benzaldehyde*, C_6H_5COH 為苦杏仁、桃仁、及梅仁等油中主要成分，比
重為一・〇五度，沸度為一七九度。

(g) 水楊間質 *Salicyl aldehyde* $C_6H_4(OH)(COH)$ 發現於繡線菊 *Apiraea*
油中，流質體，比重為一・一七二度，沸度為一九六度。

(h) 大茴香間質 Anisic aldehyde $C_6H_4(OCH_3)(COH)$ 發現於大茴香及茴香油中，沸度爲二四八度。

(i) 桂皮間質 Cinnamic aldehyde, $C_6H_5(CH)(CH_2COH)$ 肉桂油之主成分也，沸度爲二四七度。

(j) 防風油精 Carvone $C_{10}H_{14}O$ 發現於防風、羅馬芹及蒔蘿油中，沸度爲二二五度，比重爲 0.962 度。

(k) 安息酸又名輪質酸 Benzoic acid, C_6H_5COOH 熔度爲 121 度，沸度爲 250 度。

(l) 水楊酸 Salicylic acid $C_6H_4(OH)(COOH)$ 熔度爲 155 度。

(m) 肉桂酸 Cinnamic acid $C_6H_5CH:CH_2COOH$ 熔度爲 133 度，沸度爲 300 度。

(n) 水楊酸一炭矯基 Methyl Salicylate, $C_6H_4(OH)COOCH_3$ 冬青油及赤楊油中之主成分也，沸度為二二六度，比重為一・二度。

(4) 脂肪族化合物 屬於此種之化合物，均為開練式者，精油中含此項化合物亦甚多。如

(a) 風呂草油精 Geraniol $(CH_3)_2C:CH \cdot CH_2 \cdot CH_2C \cdot (CH_3):CH \cdot CH_2OH$

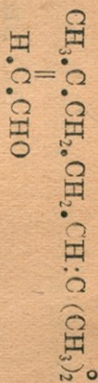
(b) 胡荽油精 Linalol $CH_3 \cdot C(CH_3):CH \cdot CH_2CH_2 \cdot C(CH_3)(OH) \cdot CH:CH_2$

(c) 橙花油精 Nerol $CH_3 \cdot C \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH: C(CH_3)_2$
 $HC \cdot CH_2OH$

(d) a 氯化檸檬油精 A-citral $CH_3 \cdot C \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot CH: C(CH_3)_2$
 $OHC \cdot C: H$ 2 風呂草油精

氯化即得。

(10) 氯化檸檬油精 B-Citral



2 橙花油精

氯化即得。

[樹脂] 樹脂 Resins 類者，乃松油精類氯化而成者也。亦為植物成分之一種，其種類亦甚繁雜，可約分為三大類。

(1) 芳香樹液 Balsams 此類多數樹脂與松油精類相聯合，多自南美洲芳香松樹中取得。

(2) 硬性樹脂 此類樹脂均不結晶，形如玻璃質，與松油精類聯合極少，包含其中分子甚複雜，大都為芳香族中之矯基鹽 Ester 醇閒質及酸，此外尚有樹膠精 Resenes 硬性樹脂為製造油漆最重要之原料。

(3) 膠性樹脂 此項樹脂大都與樹膠相聯合，為工藝上有用之物品。

(V) 無機鹽類 在第一章中已略述植物中所含之各種原質矣，在此節中，對於植物營養與所含原質之關係，當再申論及之。

(1) 硫 硫為蛋白質中一成分，故其之存在，即示植物中蛋白質之存在，其在植物中常為硫酸物或硫化物。

(2) 磷 磷在植物中為磷酸鹽，要皆取之於土壤中者，磷之存在植物中，半於有機化合物如 *Leicithin* 之中，並與蛋白質相進退，除果中含磷數量最多外，植物中具磷鹽能增進根部之發育，而促進植物之成熟。

(3) 矽 矽在植物中為矽酸鈉或矽酸鉀甚多，因草木炭常呈大量之矽質，特別如穀類植物莖幹之外部，多含有二矽化矽，但考矽之一物，並非增加植物生長之要素，因養分中矽鹽之有無，對於植物之發育，無有消長之分別。

(4) 氫 氫在植物中均有之，除於蕎麥與黃蓼菜中外，不能證為一重要之養分，然其

功用或能協助澱粉之水化分解。

(5) 鉀 植物從土中吸收能溶性之鉀鹽，而鉀在植物中，常與有機酸聯合生存，惟有時為硝酸鉀、氫化鉀或硫酸鉀，植物含鉀最多部分，為葉與嫩枝，即其生長最活潑之部分，鉀對於植物中澱粉或糖類之造成，實為不可少之要物，但其功用如何，現尚未見明瞭。

(6) 鈣 鈣於植物中助澱粉變為糖類，鈣鹽之存在，亦常與有機酸聯合生存，惟於植物細胞中，有時發現碳酸鈣或草酸鈣之結晶體，鈣於葉中，存在最多。

(7) 鎂 鎂在植物中亦為常見之一物，惟其功用則不甚明瞭，近人有云鎂為葉綠素主要成分之一，故其對於植物頗為重要。

(8) 鐵 鐵之存在植物中，為量極微，惟為一種不可缺少之要素，設植物中無鐵鹽，則其葉綠素不克造成矣。

(9) 鈉 植物灰中，鈉常見之，惟其存在植物中，並無重要功用，亦不能代替鉀素之功

用。

上述數種之金屬，除其功用關於植物同化作用之外，尚為硝酸之帶運物，俟硝酸中之氮素被植物造成蛋白質後，其合金屬即與有機酸聯合，用火燒之，變為碳酸鹽，因此植物中氮素量愈多，而其灰分中碳酸鹽量愈多。

(VI) 含氮物類 含氮物類中最要者有

(一) 蛋白質類 此類之化合物，種類繁多，大都皆為非結晶體，均為炭、氫、氮、氧、硫五原質所組成，在原形質 *Protoplasm* 中，皆含有之，茲將動植物蛋白質分類如下：

- I Protamines 例如 *Salmine*, *Sturine*, *Clupeine*, *Cyprinine*。
- II Histones 例如發現於胸腺及血球之中。
- III Albumins 例如蛋卵漿血及植物之中。
- IV Globulins 例如 *serum globulin*, *fibrinogen*, *fibrin*, *edestin*, *crystal-*

line vegetable globulins,

V Glutelins 例如 Legumin, conglutin, amandin^o

VI Gliadins 例如 Wheat gliadin, hordein, zein^o

VII Phosphoproteins 例如 Caseinogen, vitellin^o

XIII Scleroproteins 例如 Keratin, gelatin, elastin, fibroin^o

IX Conjugated proteins 例如

(1) Nucleoproteins, nucleic acid with protein,^o

(2) Chromoproteins, colouring substance with protein, 如 Haemo-
globin,^o

(3) Glucoproteins, carbohydrate with protein, 如 Mucin^o

X Protein derivatives^o

- (1) Metaproteins 如 Acid albumin, alkali albumin^o
- (2) Proteoses 如 Caseose, albumose, globulose^o
- (3) Peptones 如 Fibropeptone^o
- (4) Polypeptides 如 Glycyl—alanine, leucyl—glutamic acid^o

Fischer 氏費去十餘年之研究，發現蛋白質分子乃一族銜酸(NH₂)所組成，下列一表，顯示從蛋白質水化所得之主要化合物。

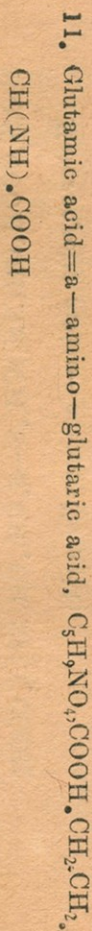
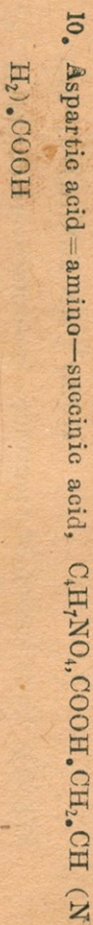
Mono—amino—monocarboxylic acids

1. Glycine(glycocol) = amino—acetic acid C₂H₅NO₂CH₂(NH₂). COOH
2. Alanine = α—amino—propionic acid C₃H₇NO₂, CH₃.CH(NH₂). COOH
3. Valine = α—amino—isovalerianic acid, C₅H₁₁NO₂(CH₃)₂CH.CH(NH₂) COOH

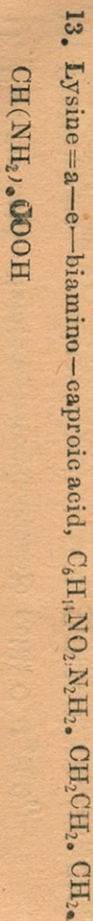
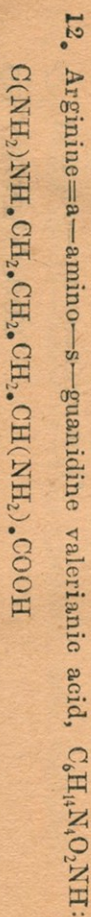
4. Leucine= α -amino-isocaproic acid, $C_6H_{13}NO_2$, $(CH_3)_2CH \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2)COOH$.
5. Isoleucine= α -amino- β -methyl- β -ethyl propionic acid $C_8H_{13}NO_2$, $(CH_3)(C_2H_5)CH \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$
6. Phenylalanine= β -phenyl- α -amino-propionic acid $C_9H_{11}NO_2$, $C_6H_5 \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$
7. Tyrosine= β -Para-hydroxyphenyl- α -amino-propionic acid, $C_9H_{11}NO_3$, $HO \cdot C_6H_4 \cdot CH_2 \cdot CH(NH_2) \cdot COOH$
8. Serine= β -hydroxy- α -amino-propionic acid $C_3H_7NO_3$, $CH_2(OH) \cdot CH(NH_2)COOH$
9. Cystein= β -sulph-hydro- α -amino-propionic acid, $C_3H_7NO_2S \cdot CH_2$



Mono-amino—dicarboxylic acids



Diamino—monocarboxylic acids



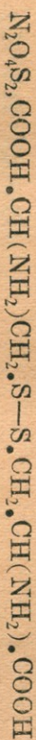
14. Caseinic acid = diamino—trioxydodecanic acid, $C_{12}H_{26}N_2O_5$.

15. Ornithine = α — γ —amino—valerianic acid, $C_5H_{12}N_2O_2$, NH_2 , CH_2 , CH_2 .



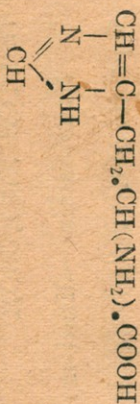
Diamino—dicarboxylic acid.

16. Cystine = dicysteine = di (thio— α —amino—propionic acid). C_6H_{12}

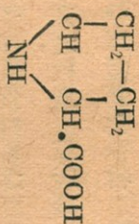


Heterocyclic amino—carboxylic acids

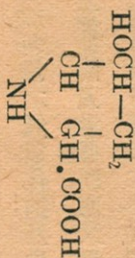
17. Histidine = α —amino— β —imidazole propionic acid, $C_6H_9N_3O_2$



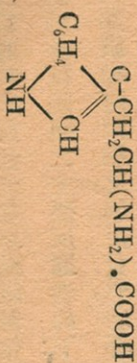
18. Proline=α-pyrrolidine carboxylic acid, C₅H₉NO₂,



19. Oxyprolin=hydroxy-pyrrolidine carboxylic acid, C₅H₉NO₃,



20. Tryptophane=β-indole-α-aminopropionic acid, C₁₁H₁₂N₂O₂



蛋白質具有右旋性，若加以酸、鐵青化鉀、醋酸鉛、氫化汞、硫酸銅、或醇等，蛋白質即沈澱而下，其對於各種試藥之主要反應者如下：

(一) 加濃硝酸而熱之，則呈黃色，若再加以鹼質，即變為橘紅色。

(二) 加含有微量硝酸之硝酸汞溶液，則生白色之沉澱，熱之即變為紅色。

(三) 加多量之氫氟化鈉，及少量之硫酸銅溶液，則呈紫色，熱之則其色更深。

(四) 加醋酸及濃硫酸，則又呈紫色。

普通估計蛋白質之方法，以其所含氮素量百之十六計算而得，所以氮素一份乘以六·二五因子，即為蛋白質之百分率，而蛋白質中氮素分量，並非一概適占百分之十六，亦稍有上下相差者，故其計算所得之數量，乃約計之數量也。

(一) 簡單銹基化合物 簡單銹基化合物者，即所謂銹基 Amides 者也，此類化合物要為鹵精中一原子氮素，被有機物基所代換而成者，在植物果中散佈殊廣，而在未成熟之

植物中尤夥，有時爲蛋白質合成時之臨時物，能溶化水中，具有瀰散性，故能經入植物細胞膜壁，植物中含氮素物質因亦使之轉移，轉移方法乃蛋白質受酵素作用而水化，變爲簡單銹基化合物，轉移新地，再變成蛋白質，所以發芽或結實時期，植物組織中最容易探試簡單銹基化合物之存在，因其爲植物細胞代謝機能所成之物質也。茲試將屬於此類之常見者，簡述之如左：

(1) 天冬精 Asparagine 此物銹基琥珀銹酸 Amino-succinamic acid $C_2H_3(NH_2) \begin{cases} CO \cdot NH_2 \\ CO \cdot OH \end{cases}$ 天冬、甘草、蠶豆、豌豆等含有之，結柱晶，含有水一分子，味澀冷，能溶化於八十份水中，與鹼質或鹽基同沸，則成天冬酸 Aspartic Acid 或銹基琥珀酸 Amino-succinic acid $C_2H_3(NH_2)(COOH)_2$ 及發出礆精氣，施以鹽酸，則得銹基琥珀酸與氫化銹。

(2) 麵筋精 Glutamine 此物乃銹基麵筋銹酸 Amino glutamic acid NH_2