

農作物施肥法原理

正世中費

商務印書館印行

農作物施肥法原理

王世中著

商務印書館印行

目 錄

序 言

第一章 總論	1
第一節 肥料在農業上之重要性	1
第二節 研究肥料之重要	2
第三節 肥料之定義與分類	4
第二章 腐植質肥料 (Humus düngern)	6
第一節 腐植質肥料之功用	6
第二節 綠肥 (Grümdüngung)	7
第一目 綠肥之功用	7
第二目 種植綠肥作物之環境	12
第三目 栽培綠肥作物之制度及其他應注意之事項	16
第四目 施用綠肥所應注意之事項	20
第三節 厩肥 (Stallmist)	21
第一目 厩肥之原料	22
第二目 堆積厩肥之目的及應注意之事項	23
第三目 堆積厩肥之各種方法	26
第四目 厩肥之肥料價值	28
第五目 厩肥之濶用法	31
第四節 人工厩肥 (Kunstmist)	32
第五節 糞肥 (Strohdüngung)	33
第六節 堆肥 (Kompost dünger)	34
第三章 天然肥料 (Natürliche Düngemitteln) 與化學肥料 (Chemische Düngemitteln)	37
第一節 天然肥料	37
第二節 化學肥料之製造法，成分與性質	41
第一目 氮素肥料	41

369953

第二目	磷素肥料	44
第三目	鉀素肥料	47
第四目	石灰肥料	48
第五目	混合肥料	48
第三節	化學肥料之特性及其必須與腐植質肥料並用之原因	49
第四節	氮肥之施用法	58
第五節	磷肥之施用法	66
第六節	鉀肥之施用法	65
第七節	石灰之施用法	67
第四章	各種農作物之施肥法	70
第一節	決定施肥法所應參考之事項	70
第一目	農作物	70
第二目	土壤	75
第三目	氣候	82
第四目	肥料	82
第五目	輪作制度	83
第二節	穀類作物之施肥法	84
第一目	水稻之施肥法	84
第二目	小麥之施肥法	96
第三目	大麥之施肥法	100
第四目	燕麥之施肥法	102
第五目	燕麥之施肥法	104
第六目	玉蜀黍之施肥法	106
第三節	根莖作物之施肥法	106
第一目	洋薯之施肥法	106
第二目	甜菜之施肥法	111
第三目	飼料甜菜之施肥法	117
第四節	豆科作物之施肥法	117
第一目	蠶豆之施肥法	117
第二目	豌豆之施肥法	118
第三目	羽扇豆之施肥法	118

第四目 紫苜蓿與聖三葉草之施肥法	119
第五節 油菜之施肥法	119
第六節 纖維作物之施肥法	120
第一目 棉之施肥法	120
第二目 亞麻之施肥法	125
第三目 大麻之施肥法	126
第七節 牧草地與牧場之施肥法	127
第一目 牧草地之施肥法	127
第二目 牧場之施肥法	129
第八節 甘蔗之施肥法	130
第九節 菸草之施肥法	131
第十節 蔬菜之施肥法	133
第一目 通論	136
第二目 各論	138
第十一節 各種輪栽制之施肥法舉例	140
第一目 肥土與重土之輪栽制之施肥法舉例	141
第二目 中常土壤(壤黃沙土與沙質壤土)之輪栽制之施肥法 舉例	148
第三目 輕沙土之輪栽制之施肥法舉例	145
附錄一 重要參考文獻	14
附錄二 中外度量衡制簡表	15

序 言

民國廿年九月十八日暴日侵我東四省，至今已十餘載。我中華民國國民在兵禍連綿之中，或由少而壯，或由壯而老。生命之傷亡，文化之毀殘，財產之喪失，非數目所可表示，非言語文字所可形容，實我中華民國開國以來空前未有之浩劫也。茲者，真理即將戰勝強權。戰後我國國民生活之恢復，和平之保障，端惟此後吾人之精神與物質之建設。物質建設，以農為本。農業建設，首重肥料。肥料之備用當如何乎？

肥料者，能改良土壤性質，或供給植物以營養素使植物產量增加之物料也。可改良土性之肥料，沿用已久者，有富含有機物之肥料，石灰等，近期又有輪性岩石（玄武岩等）粉及富含石灰之化學肥料等。自十九世紀中葉 Knop, Sachs 等氏發表其水耕研究結果後，世人咸知植物所必不可缺之營養素有 C, H, O, N, K, Ca, Mg, Fe, S 與 P 十種。至 1911 年，法人 Maze 氏言植物所必不可缺之營養素除上列十種外，尚有其他。嗣後，水耕研究法之進步日新月異，用最純粹，絕不會任何雜質之化學藥品，以石蠟塗器壁，以避玻璃所含之元素溶於水中。又用各種植物為試驗，發現 Mn, Zn, Cu, B, Si 等亦為植物所必不可缺者。用普通方法作水耕試驗時，可不將此類元素加於水中，因由玻璃溶解而入於水，或普通「化學純淨」(Chemisch rein) 之藥品所含此類元素之量已足應植物之需要也。普通土壤僅缺 N, P, K，人稱之曰：肥料三要素；或增之以 Ca，稱之曰：肥料四要素；或再增之以 S，稱之曰：肥料五要素。然土壤缺乏 Mg, Fe, Mn, Cu, 或 B，施之可增加植物產量或免除病害者，亦時有發現。(參考：1. Arbeiten über Kaliumdüngung. Verlagsges. für Ackerbau, Berlin, 1935. 2. H. Molisch, Die pflanze in Ihren Beziehungen zum Eisen. Verlag G. Fischer, Jena, 1902. 3. H. Lundgaardh, Die Nährstoffaufnahme der pflanze. G. Fischer, Jena, 1930. 274 ff. 4. J. Hudigu, Mitarb., Zeit. Chri. f. Pfl. Ern., Dgg. u. Bodenkd. 3A, 15-52, 1926/27. 5. T. R. Cox,

Jour. Am. Soc. Agr., 32, 354, 1940 G. K. Warrington, Ann. o Bot., 37, 629, 1928-chem. Zentralbl., 1924, 11, 61-Ann. of Bot., 40, 27, 1923.) 近人又有於溫室中增加空氣之二氧化碳成分，獲得亦可增加植物產量。(參考：Honecamp, Handbuch der pflanzenernährung, u. Düngerkunde, Bd. 11, 1931.)。本書因篇幅所限，僅討論 N, P, K, Ca 屬腐植肥料。

科學施肥法之基本原則係以腐植質肥料 (Humusdünger) 與石灰施於土壤，改良土性，稱曰「土壤之肥料」(Bodendünger)，另以濃厚之化學肥料補充土壤中植物營養料之不足，稱曰「植物之肥料」(Pflanzendünger)，我國農民極少肥料。土壤之質於腐植質者，幾處處皆是。離城鎮較遠之處，幾無肥料可施。為使吾人之農作物得充足之營養素計，吾人將來苟不能大量引用化學肥料以補吾人肥料之不足，如引用化學肥料，吾人不能不大量引用「土壤之肥料」，其目的不僅在於預防引用化學肥料所起之土質劣化，且在改良土性，使「植物之肥料」效力更為宏大。故吾人將來所選擇之施肥原則，似不能與歐西相啻庭，即：以「土壤之肥料」維持並改良土性，以「植物之肥料」供給植物以營養素。關於此點，本書各章將着重反覆闡述之。

農作物之施肥法，須視氣候，土壤，作物種類與品種，耕作制度，肥料來源，及其對作物產量與品質之影響，經濟情形等等，而擇其宜。我國之上述因子與其他農業發達國家不同，故吾人不能完全抄用其施肥法。我國各地之上述因子亦互不相同，故我國各地所應有之施肥法亦不能相同。尤有進者，截至目前，吾人在全國各地所得之肥料研究成績仍極微少，故吾人現實無科學研究所得之根據，以決定我國各地農作物之施肥法。此乃我國農業化學家所應盡其盡力以研究之事也。本書乃搜集外國之材料（本國材料亦盡量採用），闡述上述因子與施肥之關係——即施肥之原理，期國人從事肥料研究者，有所參考。

本書第一章係導言，述肥料與研究肥料之重要及肥料之分類。第二章：腐植質肥料，我國農民極少腐植質肥料，而僅用肥料非有大量腐植質肥料為功。化學肥料之製造賴少數化學家，腐植質肥料之製備則賴多數農民與農學者。本書乃為習業者而作，故以腐植質肥料之敘述，不厭其詳。綠肥，堆肥，及厩肥乃我國原有之腐植質肥料。人工合成馬糞肥在我國頗有試用之價值，故亦述之。第三章述天然肥料（腐植質肥料除外）與化學肥料。對化學

肥料製造法之敘述，力求簡略，習農者知其原理即足也。第四章初擬決定施肥法時所應考慮之事項，均以農作物為主，通世界各學者研究其施肥法所得之結果，藉明其原理，使讀者對各農作物之施肥法得一較實際之概念。高粱，小米，甘藷等作物，在我國頗為重要，惜研究其施肥法者甚少，本書均不述之。幸讀者諒之！

著者不才，兼以戰時搜集資料不易，疏忽之處，在所難免。望海內賢達指正！

千世中序於風賈 民國三十四年元旦

農作物施肥法原理

第一章 導言

第一節 肥料在農業上之重要性

古代南美洲濱海之區，有一小國，名曰印卡 (Inkas)。其所屬之海，島嶼甚多，上產鳥糞，可以肥田。印卡分數省，每省皆有其鳥糞島。島之面積大者，數省分佔之。此村之人往竊彼村之鳥糞者，科以死刑。在海島耕田期中，人民不得登島取糞，障其繁殖也。違者，科以死刑。印卡人民亦用魚頭與人畜之洩物以肥田。種植玉蜀黍與洋薯時，施用尤多。古代北美之關化民族，一如東亞民族，缺乏牲畜，所用肥料，特色相同，注重人與家畜之糞尿。在平地或斜坡上，從事耕種者，恆用憩田制。憩田之年，地上遍生植物，以火焚之，用灰肥田。在埃及，尼羅河按期泛濫，沉積河泥於田中，增其肥沃。以故，古代埃及人不用家畜之洩洩物以肥田。阿剌伯人與猶太人，原始之時已知用人與畜之洩洩物為肥料。或製為乾糞 (Poudrette)，或加蘆葦於其中，使其腐敗而後用。在古希臘時代，Hesiod 氏云，憩田之制不足以恢復土壤之肥沃性。Xenophon 氏與其他學者則建議以雜草，蘆葦，及泥土等與糞尿混合而後使用，藉增其量。在亞歷山大大帝之時，希臘法律對於忽視管理肥料及偷竊肥料者，施以重罰。由此可見古希臘人對肥料重視之情形。古羅馬人對管理肥料與施肥方法，異常講究。如堆製腐肥時，應避陽光之曝曬，以防乾燥，應多加蘆葦。肥肥施至田中，應立即犁下。大堆肥料，不可一次施下，應分作數次而施。各國家畜之糞尿，價值不同。鳥糞肥效蓋於一切肥料。草木灰、石膏、灰泥石 (Marl) 等之綠肥之用，為時甚早。Columella 氏云，秋時犁下紫根植物，可以肥田。Palladius 氏云，海中植物，淡水洗淨，亦可肥田。古代東亞民族亦重施肥。我國與日本栽培飼料作物與牧草作物之風不

肥料之價值
鳥糞肥效蓋於一切肥料

畜，畜牧不興，人之食料，多係植物。故自古以來，即重人與畜之排泄物。禮記勝之奇載：「伊尹作區田，教民養種，負水澆稼；區田養氣爲美。」蘇肥、骨角、石灰、石膏等之用，我國人民早已知之。日本人民常以海藻爲肥料。綜上觀之，古代人民已知肥料對於農業之重要，而異常加以重視，努力倡用與研究之矣。

德人常言，J. Liebig 與 H. Hellriegel 兩氏爲德國所奪取之土地，其面積較腓特力大帝與俾斯麥首相爲德國所奪取者尤大。蓋前二者研究肥料之結果使德國農產物之量最大行增加。後二者則係以政治與軍事之力量爲德國增加農田之面積，因而增加農產物之量。此足見德人對於肥料之注重。歐美各國，農業發達者，其於每單位面積之農田所施用之肥料數量亦必多（參考第三章第三節）。凡此皆足以見，歐美之人對於肥料重要性之認識。

據 Buck 氏之報告，平均言之，我國農民有百分之九十以上均稱肥料不足用，若能多用即可增加農產。據農林部中央農業實驗所土壤肥料組張乃恩陳和才等氏之意見，吾國農田缺肥甚多，如能得充份之肥料，我全國水稻產量可增30.9%，小麥可增22.7%，棉花可增26.4%，油菜可增47.6%，據四川省農業改進所彭家元陳禹平等氏之估計，四川全省「除成都平原各縣肥料來源稍爲豐富外，其他各縣均屬極端缺乏。大概肥料不足量若以最高產量爲準，缺乏百分之五十六，如以普通產量爲準，缺乏百分之三十七。」彭陳兩氏雖未說明「最高產量」與「普通產量」爲若干，但已足見四川農產受肥料不足所限制之情形，及充份施肥大增農產之可能。廣西土壤較爲貧瘠，缺肥最甚。廣西各農事機關曾在廣西十三縣施行肥料試驗。據其估計，該數縣農田土壤若得充份之氮磷鉀之補充，可能增加作物產量平均達 108%。此外，吾國曾從事肥料試驗之農事機關、學校、團體，莫不皆報告農田土壤缺肥甚多之情形。不談改進農業之其他技術，即講求肥料一事，所能增加之農產數量，已極可觀。且農作物良好品種之育成也，若無充足之肥料，及其適宜之施用方法，不能盡性生長。防除農作物之病蟲害也，須先使其生長壯健，對外界侵害之抵抗力堅強。欲達此目的，肥料其工具之一也。他如作物之品質，肥料亦可控制之。菸草之香味與燃燒性，洋薯之取粉含量等，係其例也。由是觀之，肥料對於農業之重要，何須再贅言哉！

第二節 研究肥料之重要

晉國農家，對於肥料，尚重重視，所用肥料之種類既多，方法亦繁。其中與科學符合者固多，與科學違反者亦有。與一世紀前歐洲農民較，所勝無幾。惟近一世紀以來，科學昌明，舊肥料之改良，新肥料之發明，及施肥法之進步，使農田產物增加空前。現代施肥注重「施肥於土壤」。因現代土壤學認土壤之肥沃靠其天然之營養素存量小，靠其穩固之營養素保存物大。此種保存物即岩石風化所成之黏土與土壤腐植質。黏土與腐植質能吸着由風化而解放，與由人工加入之大量營養料，又能隨時放出，以供植物利用。土壤之水份，營養素，通空氣性，及有益微生物之工作等，大有決於此保存物之穩定性。苟腐植質及黏土細粒均為鈣與鎂所滲和，則成穩固，不易分解之土壤團粒。鈣與鎂（但不及鈣之重要）使腐植質及黏土細粒結合，並使土壤有適宜之孔性構造，含水量，反應，與營養素之利用力，以利植物之生長。土壤之性質雖如此，則所施肥料中之營養素之効力亦能增大。以故，施用腐植質肥料與石灰係施肥成功之先決條件，亦近代施肥法中最主要之工作。吾國農民，牲口不多，糞肥甚少，就普通情形言之，所用之腐植質肥料甚少。土壤普遍皆缺乏腐植質。吾國農民施用肥料之時，多施於植物之根際，俾植物能盡量利用之，可見其忽略土壤改良物，重視植物營養素之情形。外人嘗謂吾國農民僅知施肥於植物，不知施肥於土壤。吾國農民喜用綠肥者，其農田常較肥沃。腐植質對土壤之重要，彼等已能體會之。惟無科學之智識，知其然不知其所以然，亦不盡量推廣實行之也。吾國農民亦有常用石灰者，但不知以之與其他肥料配合施用而盡得其利，反有因施用不得法，損壞地力，減低農產者。現代之植物營養學證明有若干元素係植物生長所必不可少或有益者。天然肥料固常含有之，其量不足，乃以人工方法，製造化學肥料以濟之。此實為近代農業界之一革命。吾國除抗戰之前沿海農民每年用約十萬噸之硫酸銨，略知化學肥料之皮毛外，內地農民尚不如化學肥料為何物也。其所用之肥料均係沿襲數百年前或數千年前吾人祖宗所創用者，有待於科學改良之處不少。猶有進者，現代之肥料，種類繁多，性質互異，其施用之方法須視氣候、土壤、植物、農業制度、經濟情形等等之不同而決定。北美農民之施肥法與北歐不同。北歐農民之施肥法，吾人亦不能完全抄襲。不特此也，以農業情形之不同，我中華民國一國已應分為若干農業區。各農業區所應用之肥料與施用之方法，已絕不能相同。華北冷而乾，華南暖而濕。西北畜牧與耕，東南則專重農藝。濱海農民，可用魚肥。產桐之麓，始有桐糞。情形極

為複雜。故欲在我國推廣現代之肥料與施肥法也，必須在我國各農墾區域執行研究，先決定各區所可引用之肥料，次及其施肥法而後可。

第三節 肥料之定義與分類

肥料者能改良土壤或供給植物以營養素使植物產量增加之物料也。肥料之分類法頗多。其界限常不分明。為切合實用起見，本書將之分為兩大類：天然肥料 (natürliche Düngemittel) 與化學肥料 (chemische Düngemittel) 或人造肥料 (Künstliche Düngemittel)。天然肥料者，其原料來自動物或植物之肥料也，例如廐肥、綠肥、各種糞尿、油餅、堆肥等是。其特徵為體積龐大，含植物營養素較少。化學肥料或人工肥料者，其原料亦來自動物或植物，並係利用化學方法所製造之肥料也，例如硫酸銨，過磷酸石灰，硫酸鉀等是，其特徵為體積微小，含植物營養素較多。

歐學文獻中又有所謂「土壤之肥料」(Bodenhänger) 與「植物之肥料」(Pflanzendünger) 者。廐肥、綠肥、堆肥等含有機物質富，在土中可變為腐植質，改良土性，亦含有植物營養素，故係土壤之肥料，亦係植物之肥料，亦可稱為「腐植質肥料」(Humusdünger)。石灰之主要功用在於改良土性，係「土壤之肥料」。硫酸銨之主要功用在於供給植物以營養素，故係「植物之肥料」。石灰氮素 (Kalkstickstoff) 可供給植物以營養素又可改良土性，係植物之肥料，亦係土壤之肥料。據此，吾人可將肥料分類如下表：

I、天然肥料：

A. 土壤之肥料兼植物之肥料(腐植質肥料)——廐肥、綠肥、堆肥、糞肥等。

B. 植物之肥料——油餅、人糞尿、毛、髮、血粉、肉粉等。

II、化學肥料或人造肥料：

A. 土壤之肥料兼植物之肥料——石灰氮素，Nitroch-lk, Kalkammonsalpeter 等。

B. 植物之肥料——硫酸銨，硝酸鈉，過磷酸石灰，硫酸鉀等。

Adolf Meyer 氏曾按肥料經植物之吸取所引起之培養基反應之變化而將其分為三類：(一)生理的中性 (Physiologisch-neutral) 肥料，(二)生理的性 (Physiologisch-Sauer) 肥料，與 (三) 生理的鹼性 (Physiologisch-

alkalisch) 肥料。生理的中性肥料者，經植物吸收之後，其培養基之反應不生變化。其原因或由植物吸收其酸基與鹼基之量能為相等，或由於其所剩留於培養中之物係一弱酸或弱鹼，對培養基之反應不生影響。硝酸銨與硝酸鉀係前者之例。磷酸銨係後者之例。生理的酸性肥料者，作物吸收其鹼基之量多於酸基，其培養基中鹼量漸漸增加，並變鹼性。硫酸銨，氯化銨，硫酸鉀等，即其例也。生理的鹼性肥料者，作物吸收其酸基之量多於鹼基，其培養基之反應漸變酸性，磷酸銨肥料，除硝酸銨與硝酸鉀外，皆其例也。

肥料之分類法，常不能有明顯之界限。以上所述，頗有意義，故乃提舉之。

第二章 腐植質肥料 (Humus dünger)

第一節 腐植質肥料之功用

俄國及其他各國之黑土，係土壤中生產力最大者。其主要性質在其富於鹼性腐植質，及其為鈣，離子所飽和之有機與無機之吸收力強大之組成物及其充足之百分含量。土壤必須具此種性質，始能肥沃，其生產植物之能力始為可靠。如土壤缺乏此種性質，則必須施肥料以濟之。

以礦物質吸收力強大之物質施於土壤，困難甚多，常不經濟。Lemmermann 氏施黏土於沙土，作盆栽試驗，證明此法確能增加植物之產量。倘有人試驗以矽酸 *silico phosphat* 等施於沙土者，所得結果與上相若。但任實際農事上，此種方法不能適用。吾人現所習用之法係以有機物與石灰加於其上，以維持並增加其肥沃性。關於前者，吾人係用腐植質肥料。腐植質肥料係富於有機物之肥料，以之施於土壤，能增加後者之腐植質含量，並改良其性質。關於石灰之施用，吾人將於下章論之。

施用腐植質肥料之重要，現已不容吾人置疑。專用腐植質肥料，不用礦物質肥料，亦不能使農田得其最大生產量。合理之施肥法須腐植質肥料與礦物質肥料並用。腐植質肥料係「土壤之肥料」(Bodendünger)，能改良土壤之性質使其適於為高等植物及有益微生物之生長所。腐植質肥料亦能供給植物以營養素，但其主要功用不在此。供給植物以營養素之工作乃土壤與礦物質肥料之任務。此乃合理施肥法之基本原理。

施用腐植質肥料之目的在於輸添大量有機物於土壤，使其成為土壤腐植質，增加並改良土壤之吸收複合物 (Bodenabsorptionskomplexe)，俾由施用礦物質肥料而加於土壤之植物營養素得充分發揮其效力。今人有作田間試驗，比較腐植質與礦物質完全肥料之效力，發現施用腐肥較不經濟；其所含營養素之價值及與礦物質肥料所含者高。此種因試驗時間過短，腐肥尚未發揮其改良土壤之功，腐肥之價值不在其營養素也。

我國土壤普遍缺乏腐植質。提倡腐植質肥料實為吾人最重要工作。歐美畜牧發達之國家施用腐肥。我國農家，牲口不多，腐肥極缺。或有去其沉腐畜

收，解決肥料問題者。此事實不簡單，顯非短期之中所能奏效。以余觀之，在最近之將來，我國仍以綠肥堆肥為最重要。人工糞肥及磷肥是否有推廣之價值亦足供吾人之研究。腐植質肥料係每一農田非施不可之肥料。所施之種類，則視經濟情形決定之。

第二節 綠肥 (Grüdüngung)

施用綠肥者，草食汁甚富，未成熟之綠色植物於土中，以邊增加植物生產量之目的之期也。綠肥作物增加植物生產量之方式有增加土中有機質與氮磷含量，以其深根疏鬆下土，解放礦物質營養素，遮蔽土壤，保持水分等。每一綠肥作物非兼有以上所述之功用。例如，白三葉草與黃三葉草之根並不深長，施用菸葉，雜草所能增加於土壤之氮素並不多。

第一目 綠肥之功用

1. 綠肥作物之發展及其價值。綠肥作物之根常能伸入下土並疏鬆之，使下層作物之根能利用其根道達於土之深處及潮濕處。如無此根道，許多農作物之根不能伸至下土，因後者常係至為緊密堅韌。A. Schultz-Lupitz氏曾試驗得，在不種綠肥作物之田中，洋薯之根僅伸至40—45公分深處，種羽扇豆之田中，達120公分。冬黑麥之根在同樣試驗中，一達40公分，一達90—100公分。

綠肥作物具粗大主根者有羽扇豆，紫苜蓿，黑三葉草，紅三葉草，蠶豆等。其疏鬆下土之工作，實足令吾人注意。白三葉草、黃三葉草、春苜蓿等根短，不能疏鬆下土。茲將 A. Schultz-Lupitz, H. Hellriegel, A. Orth, O. Fruwirth, H. Thiel, G. V. Seelherst, H. Werner 等氏所測得數綠肥作物之根之入土深度抄錄於下：

黃羽扇豆 (Gelbe Lupine)	60—282公分
藍羽扇豆 (Blaue Lupine)	66—128公分
白三葉草 (Weizskies)	17.5公分
豌豆 (Erbsen)	80—26公分
紫苜蓿 (Wicke)	80—90公分
蠶豆 (Pferdebohne)	30—120公分
西班牙豌豆 (Spanische Pflanze)	60—80公分
金拿得拿 (Saradella)	66—84公分

紅三葉草 (Rotklee)	120—200公分
黃三葉草 (Gelbklee)	15—85公分
拍魯斯克 (Pelusko)	80—100公分
冬若 (Zotterwicke)	80—50公分
白甜三葉草 (Bokharaklee)	110—195公分
紫苜蓿 (Luzerne)	總2公尺—10公尺 (?)
藍三葉草 (Esparsette)	總2公尺—10公尺 (?)

植物根之入土深度不但隨植物種類而異，同類之植物亦常不同，蓋此不但有關於植物本身，亦有關於外界因子。如土壤中有緊密之土層，如黏土層或硬盤層，則可阻礙許多農作物（穀實作物，洋蔥等）之根之發展。但綠肥作物中却有許多（羽扇豆類，蠶豆類）能穿過此種土層。在緊密之土層中，植物根之發展，無論向下或向旁，均大受抑制，及伸至較為疏鬆之土層時，又大行擴展。孔道既成，其他穿透力較弱之植物根亦得達土之深處，但其根網不能正常，而較狹窄。

植物根入土之性亦有決於土壤之反應，含沙及含黏土量，下土之濕度等。羽扇豆不喜富含石灰之下土，紫苜蓿不喜酸性之下土。前者喜沙質下土，後者喜壤質下土。如土中有不透水之土層，植物根因缺於空氣，停止進展。水份過多，阻止根之進展，水從薄層，難期激根之進展，乾旱年份，表土缺水，植物根向下生長之深度較潮濕年份為甚。植物營養素之多寡對植物根之發展亦大有關係。曾施大量硫酸之土中，植物根之發展特佳。如施肥料於深淺不同之土層，植物根發展最良者係存肥料最多之土層，缺肥料之處，植物之副根亦少。羽扇豆與蠶豆之主根之生長如受抑制，其副根即代其工作，而不妨礙全植物之生長。

2. 綠肥作物能解放礦物質植物營養素。綠肥作物取用土中礦物質營養素之能力較穀實作物遠為巨大。Th. Dietrich 氏種羽扇豆，蕎麥，小麥等於砂岩及玄武岩石粉中，後化驗其吸收之磷營養素量，得結果如下（比較數）：

作物	種於砂岩石粉中者	種於玄武岩石粉中者
羽扇豆	80.9%	84.9%

豌豆	16.02	23.77
蕎麥	5.53	6.80
蕎麥	2.82	3.27
小麥	0.84	2.45
黑麥	0.17	1.34

由上觀之，豆科作物吸收營養素之能力較穀類作物強大多多。

綠肥作物中能解放難於溶解之磷酸化合物者有白芥，蕎麥，羽扇豆，豌豆，豌豆等。穀類作物利用難於溶解之磷酸化合物之能力，至為弱小。同一土壤，種穀類作物者，施用磷肥，其效顯著；種羽扇豆者，施用磷肥，僅極效力，因其能利用土中難於溶解之磷質也。D. Prjanichnikow氏以下列數字表示各種作物在沙壤中利用各種含磷物之能力：

	磷灰土%	骨粉%	時馬斯磷肥%	含磷性Ca(PO ₄) ₃ %
穀類作物	0—10	40	00—70	100
蕎麥，羽扇豆等	80	90	100	100

綠肥作物施用難於溶解之磷質後，被吸收於土中，徐生分解，被吸收之，磷酸又得解放，次種作物可利用之。是土中能被利用之磷質經綠肥作物之體可變為易於利用之磷質。

綠肥作物解放磷酸營養素之能力，至為強大。或因其根液酸度較大。據B. Dyer氏，豆科作物之根液酸度為0.81—1.12（作檸檬酸計算），禾本科為0.53—0.68。F. Gapek氏以為植物根不能分泌大量有機酸，但植物根呼吸（Wurzelsatmung）時所生之二氧化碳能溶解磷酸鹽與磷酸鈣。此外，土壤反應，吸着作用，交換作用，及含水量等對於植物解放磷酸營養素之能力，關係甚巨。惟其詳細如何，吾人今日尚未能盡知之也。

3. 綠肥作物增加土壤之腐植質含量。學者均以供給土壤以有機物係施用綠肥之最大目的。每種植物之轉化質量變異甚烈，蓋亦有賴於各種環境，如土壤種類，雨量，生長期等等。M. Hoffmann氏曾以羽扇豆作試驗，有者每公頃得2085萬斤乾物質，有者得3682公斤。為求得到最大收穫量起見，吾人須選用最合於當地土壤種類，氣候等之作物。在必要時，吾人尚可以田間試

驗證何種作物最為適合。選栽作物利處甚多，吾人亦應注意及之。

綠肥與殘株遺留於土中之乾物質亦極有注意之價值（參閱本書第四章第一節第一頁）。每畝生長中常之深根豆科作物遺留於土中之殘株與根部分約等於每畝4000市斤之糞肥。

綠肥作物之根株殘餘，葬於土中之後，即行分解，較紙肥之分解尤速。其速度之許多因子之支配，如植物之性質，成熟度，土中無機營養素之含量，微生物之種類，土壤反應，通氣性等。如植物含易溶性之碳水化合物與纖維素甚富，木素甚少，則分解較速。不易分解之植物部分，如木素與 Cutin 及微生物之分解物相結而成腐植質。久用綠肥，土壤之腐植質漸行增加。據德國 Halle 城大學農事試驗場十八年之研究，在「蔥田制」之田，每公頃有49254公斤之腐植質，行綠肥制之田，每公頃有5246.7公斤腐植質。經數年經常施于綠肥（每9個月一次），每公頃之腐植質含量增加3213公斤。

腐植質可增加土壤之蓄水力。據 F. Marfin 氏之試驗，大雨之後，行「蔥田制」之農田表土可蓄14.15%水份，施綠肥之農田表土可蓄15%水份。腐植質尚能增加土壤吸收營養素之能力。且對於沙土尤為重要。增加腐植質係改良沙土之最妥善方法。黏質土壤與綠肥混合之後，綠肥分解，可減少其黏性。土質經此改良，通氣性與土壤溫度性，俱獲良好，而利次造。

綠肥另一有利之功用在其分解之時所產生之二氧化碳氣。據許多學者之意見，增加空氣中二氧化碳之濃度可以增加收穫量。於空氣不易流通之處，腐植質分解時可增加地面空氣中二氧化碳濃度，因之，可增加收穫量。二氧化碳對於土壤亦有裨益，因此氣能將土中石灰變為酸性碳酸鹽，洗於下土。

4. 綠肥作物積聚氮素。1886年，Hellriegel 與 Wilfarth 二氏發現豆科作物能利用其根瘤細菌，製用空中氮素。嗣後研究之者甚多。惟關於根瘤菌固定氮素之作用，尚不能十分明瞭。據 Virfanen 及 Laine 氏之敘述，根瘤菌係其侵入根（infection thread）自侵入其適當之共生植物之根毛後，向根之中部發展，分散於植物根細胞之細胞質中，刺激細胞，使其分裂特速，遂成瘤狀組織。此種細菌乃在此種瘤狀組織中，將空中氮氣變為有機態，以供植物，植物以碳水化合物供細菌，營共同生活。

根瘤之生長受許多因子之支配。土壤溫度以相當於其總蓄水量百分之七十五為最適宜。溫度以24°C左右，土壤反應以中性為適宜。土中如含過多之磷

有機或無機化合物則抑制根瘤之生成。土中富含磷礦者，有助於根瘤之生長。日照不可過強或過弱，因其俱不利於根瘤之生長也。

豆科作物中有數種不生根瘤。Gleditsia因根毛過度木質化，根瘤菌不能侵入，故不生根瘤，其他豆科植物如 *Cercis Canadensis* L., *G. Siliquastrum* L., *Gymnocladus dioica* 等俱不生根瘤。

各種豆科作物按其根瘤菌共生性之不同，可分為若干植物細菌組 (Plant-Bacterial group)，或植物接種組 (Cross-Inoculation Group) 同組之植物，均可因接種同一根瘤菌而生根瘤。但若以甲組作物之根瘤菌接種乙組之植物，普通均不能生長根瘤。

綠肥作物隨氣候，土壤，植物種類，根瘤菌性能等之不同吸收不同量之氮素。M. Hoffmann 氏以羽扇豆為試驗，發現其每公頃所固定之氮素上下於 78—246 公斤之間，合每市畝 10.4—32.8 市斤。Lupitz 氏以金拿得拿與羽扇豆混栽，每公頃得 179 公斤氮素，合每市畝 2 市斤。徐明光與張信誠兩氏綜合許多學者試驗之結果，言每市畝每年由於根瘤菌及其共生豆科植物固定之氮素約為 6—24 市斤。據陳華癸氏，一市畝可收割一千斤青蒿子，中含十五斤氮素。如以蒿子綠肥為惟一氮素肥料，則每十畝田，夏季全額水澆，冬季七畝可蒿子，三畝種大小麥，可以氮肥自給。

綠肥作物之根部含氮量當於總含氮量之百分數，人測人殊。根據 E. V. Strebel, A. Schultz-Lupitz, Hotter, H. V. Feilitzen 氏之研究結果，綠肥作物作別株作物 (Stoppelfrucht) 時，其根部含氮量相當於總含氮量之百分數，有如下列：

春苜	約 4—5%
西班牙豌豆	約 4%
金拿得拿	約 2—7%
豌豆	約 2—4%
蠶豆	約 8%
羽扇豆	約 5—15%
紅三葉草	約 45%
黃三葉草	約 7—20%
瑞典三葉草	約 70—75%

由上可見，三葉草類之綠肥作物，根部含氮最富。

至於綠肥作物利用各種綠肥之效果之程度，吾人現時不能斷言，須作許多試驗以明之。

5. 綠肥作物遮蔽土壤。綠肥作物，葉面甚大，蔭蔽甚廣。H. Werner 氏曾值做農作物在一平方公尺之地面上之集之面積，得結果如下：

飼料茶葉	1.6	平方公尺
油菜	1.7	平方公尺
白三葉草	9.6	平方公尺
玉蜀黍	11.7	平方公尺
大麥	14.4	平方公尺
黑麥	15.6	平方公尺
瑞典三葉草	22.7	平方公尺
紅三葉草	26.4	平方公尺
舍命得命	34.0	平方公尺
覆三葉草	38.4	平方公尺
紫苜蓿	35.6	平方公尺

紫苜蓿之葉面甚大，故在旱年，耕翻紫苜蓿之割株尚可，耕翻穀實作物之割株則不可，因紫苜蓿可保持土中水份，不使其大量蒸發。綠肥作物之葉又可阻止雨水直接打土上，破壞其團粒構造。土壤空氣之流通與微生物之活動因之而得保障。

第二目 種植綠肥作物之環境

綠肥作物對土壤，植物營養素含量，濕度等等之感應各不相同。吾人對此應有認識，庶幾種植時，得免失敗。吾國綠肥作物種類甚多，農民經驗亦富，惜記載甚少，科學之研究更缺。吾國學者應就各農業區之天然環境，對此重要問題，作有系統之研究，選擇宜於各農業區之綠肥作物，鑑別其各種性質。茲將中西學者所觀察得各綠肥作物之土壤環境列表於下：

甲、豆科綠肥作物

中名	德名	學名	土壤種類		石灰	積水
			表土	下土		

白羽扇豆	Weisse Lupine	Lupinus albus L.	良土	白礫，沙以至壤質沙上	極害	有害
黃羽扇豆	Gelbe Lupine	Lupinus luteus L.	極土			
紅尾羽扇豆	Rötlichblühende Lupine	Lupinus angustifolius var. fl. roseo Brand.	瘠沙與沙質壤土			
二色胡枝子		Lespedeza bicolor Turcz	一切土壤，瘠沙地，石礫，粘土。	一切土壤，包括瘠沙地，山坡，石礫，粘土。	非必須	有害
白甜三葉草	Bokharaklee	Melilotus alba, Desr.	瘠與溼土	一切土壤，包括白礫，山峯，石塊，斜坡等	有益	有害
黃三葉草	Gelbklee	Medicago lupulina L.	一切土類	一切通性良好之土類	有益	有害
綠苜蓿	Luzerne	Medicago Sativa L.	如有次遊之下土，一切七類均宜。	性佳，孔隙多，營養素與石灰富	需要	有害
紅三葉草	Rotklee	Trifolium pratense L.	瘠質沙土，壤土與粘土	性佳，營養素富	需要	有害
土耳其三葉草	Inkarnatklee	Trifolium incarnatum L.	一切不太緊密之土	一切不太緊密之土	害	有害
白三葉草	Weissklee	Trifolium repens L.	不拘，但營養素富	無條件	有益	無條件
雜交三葉草	Bastardklee	Trifolium hybridum L.	濕壤土與粘土，濕粘土	無條件，喜灰泥岩	需要	無條件
溫特三葉草	Wundklee	Anthyllis vulneraria L.	瘠，通性好，非完全不能耕種之沙土	通性好之土	有益	有害
舍拿得草	Seradella	Ornithopus	沙土，壤質沙土，腐植	通性好之土	有益	有害

		Sativus Brotero	質沙土，沙質壤土，尤在濕地			
蓬萊草	Esparsette	Onobrychis Sativa Lmk.	無條件，下草	灰泥岩，石灰，通氣性良	無條件	有害
冬苜蓿	Zettelwiese	Vicia villosa Roth.	一切土壤	通水性良	害	有害
春苜蓿	Futterwicke	Vicia sativa L.	一切土壤，除極乾沙土	無條件	有益	非有害
蠶豆	Puffbohne	Vicia faba L.	一切土壤，勿太乾	富，營養素，通水性良	需要	有害
	Narbonnensische Wiese	Vicia Narbonensis	一切土壤，除極乾，宜於腐植質之土	一切土壤	有益	有害
大豆	Sojabohne	Glycine hispida, Maxim	壤土，富含營養素	通性良，富含營養素	有益	有害
紫雲英	chinesische Klee	Astragalus sinicus L.	壤土，粘土，無過乾過濕之弊者	通性良	有益	有害
苜蓿	chinesische Luzerne	Medicago denticulata Wild	濕壤土，粘土	通性良	有益	有害
田菁		Sesbonia sesuvifolia Pers	砂質土壤	通性良	—	有害
豬屎豆		Crotalaria Sessiliflora	一切壤土	壤土	—	有害
花生	Erdnuss	Arachis hypogaea, L.	沙土壤土，通性良	沙土壤土，通性良	有益	有害
豇豆	chinesische Bohne	Vigna Sinensis, Endl.	一切通水性良之土壤	通水性良	有益	有害

豌豆	Erbsen	<i>Pisum sativum</i> L.	營養素富， 壤質沙土至 壤土	通性良之乾 土	有益	有害
拍魯斯克	Peinuschke	<i>Pisum arvense</i> L.	經與重土	一切土壤	有益	有害

乙、非豆科綠肥作物

中名	德名	學名	土壤種類		石灰	積水
			表土	下土		
溝麥	Roggen	<i>Secale cereale</i> L.	一切土壤除 過於粘重者	通性良好	不需	有害
燕麥	Hafer	<i>Avena sativa</i>	一切土壤	通性良好	不需	有害
芥子	Senf	<i>Sinapis alba</i> L.	營養素富， 通性良之沙 土與壤土	如表土	需要	有害
蕎麥	Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum</i> L.	營養素富之 沙土與壤土 及一切腐植 質土壤	通性良之土	有益	有害
油蘿蔔	Olrettich	<i>Raphanus oleiferus</i> L.	營養素富及 輕土	一切通性良 之土	有益	有害
油菜	Raps	<i>Brassica napus</i> L.	新鮮壤質沙 土，腐植質 壤土，與會 經良好施肥 之低地原聚 壤土	通性良之土	需要	有害
茹菜	Rüben	<i>Brassica rapa</i> L.				
大爪草	Spörgel	<i>Spergula arvensis</i> L.	腐植質，壤 質沙土	一切通性良 好之土	大量有 害	有害

以上二表示，在最劣之沙土與磷土上，白甜三葉草，胡枝子，黃三葉草之收穫量，較其他綠肥作物均勝。在肥沃之土，其生長更佳。白甜三葉草與

實三葉草均需少許石灰。胡枝子則頗能耐酸。如遇酸性輕土，則實與紫羽扇豆亦可以栽培。其根至強，可穿透一切緊密土層如硬盤等。石灰對之有益。

在潮濕壤土與粘土，以瑞典三葉草與白三葉草之生長為最佳。此二作物根部甚短，不喜灌溉與積水。在石灰土，則以藍三葉草為最佳。在德國此常係石灰土壤上唯一之飼料作物。其根株殘餘之量，至為可觀。

下土之性質對於根作物，如紫苜蓿，藍三葉草等最為重要。此二作物需極富於營養素之壤質，多孔隙，及不緊密之下土。上土之性質與之反少關係。

舍拿得拿，藍三葉草，土耳其三葉草，紅三葉草，紫苜蓿等，在幼年時期，生長過緩，不能與雜草競爭。故德人栽培此類作物時，以之為下作 (Unterfrucht)，在其幼小時期中，雜草之生長可藉其上作 (Überfrucht) 抑制之。

在良好之土壤上，可種之綠肥作物甚多。自上列二表中可見之。我國農業歷史悠久，農民所用之綠肥作物，種類極繁。水草，樹蕪，菸莖，菸葉，桑葉，楮木，草類等莫不皆用。經驗固多，記載則少，科學之研究更為缺乏。吾願我國農業界人士將來對此能多有研究，則此類材料可以更多。

綠肥作物之自耐性 (Selbstverträglichkeit) 亦至足吾人之注意。自耐性者，即連種數年仍能生長良好之性也。自耐性最強者有羽扇豆與舍拿得拿。連年栽培舍拿得拿，其收穫量常年高一年。瑞典三葉草，白三葉草，土耳其三葉草之自耐性亦佳 (可連種兩三年)。在沃土之上，蠶豆亦可連種。紫苜蓿與藍三葉草之可以連種與否，應視下土營養素充足與否而定。如下土營養素充足，則可連種三四年。紫雲英與秦艽之自耐性甚佳。吾國農民常連種之。

施用綠肥能否成功，雨量係一重要之決定因子。每年雨量少於 500 公厘之處，施用綠肥是否有益，即係疑問。綠肥作物將土中大量水份蒸發於空中。故如降雨期不適宜，則栽培綠肥作物，消耗水份，可影響其他作物之收穫量。

第三目 栽培綠肥作物之制度及其他應注意之事項

栽培綠肥作物有以下之各種制度：1. 主作制 (Hauptfrucht)，2. 間作制 (Zwischenfrucht)，(a) 下作制 (Unterfrucht)，(b) 割株作制 (Steop-olfrucht)，3. 上作制 (Überfrucht)。茲分述之如下：

1. 主作制。主作制者，僅種綠肥作物，不種其他作物之謂也。種多年生

之綠肥作物，如紫苜蓿時，則行此制。我國農民種植夏季綠肥作物，亦行此制。陝西富縣中區農民，夏季栽培黑豆與綠豆，麥心，即其一例。據農民當於極極上壤上種植羽扇豆，成熟之後，收其籽實，後耕翻作為綠肥。

2. 間作制。間作制者，於種植夏季作物之後，種植綠肥作物之謂。此制有二：

a. 下作制。此制乃夏季作物尚未收穫，即植綠肥作物於其下之謂。後者幼時，生長甚緩。夏季作物收割之後，乃行迅速。據此制者，多選幼時生長甚緩之綠肥作物，及秋季短促，冬來迅速之種。我國農民種於水稻將成熟時，排去田水，點播豌豆。稻熟收穫，豌豆亦生長茂盛矣。

b. 割株作制。行此制者，乃於夏季作物收穫之後，或耕翻割株或不耕翻割株，即播綠肥作物之種籽。耕翻割株之制多行於夏季作物收穫之後，雨水仍甚豐富之處。漢時農民種植豌豆，後不耕翻割株，因恐水份發過多，豌豆生長不易。耕翻割株，便於除草，是其利處，但較費工。但秋末溫度過低之區，則行下作制較割株作制為佳，恐天時寒冷，綠肥作物生育不旺。若每年平均雨量，秋季平均雨量，秋季溫度，冬季開始之時期，雜草生長之情形，經濟情形，俱無間阻，則割株作制較下作制為時。

3. 上作制。上作制者，播其他作物於綠肥作物(羽扇豆)之間之謂也。此制原用於美國。其法如下：八月初旬，條播羽扇豆，其行間距離可容十月初旬時，播兩行黑麥。播黑麥之前，將土壓平，以利生育，羽扇豆長大時，可禦風暴而護黑麥。前者之根，深穿土中，可防黑麥冬季受凍。雪亦因之可得保留。行此制時，應注意土中營養素之量是否充足。

現許多學者多主張用混合之綠肥種籽。用混合種籽之利多端：以深根者與淺根者混栽，則各土層之營養素皆得利用。以硬者與軟者混栽，則前者能扶持後者，使其不倒臥地上，而暢其生育。在多雨之處，作物倒臥地上，更易腐爛。用混合種籽可防病蟲害。病蟲害常有專性。某種病蟲害常僅侵害某種植物，而不侵害其他。因此，在混栽綠肥作物時，某株作物受害，不易傳染他株，因其週圍俱為不同類之作物也。故純栽作物罹病者較混栽者為烈。在土壤差異甚烈之處，混栽之結果，恆較可駭。例如，混栽含拿得拿與白三葉草。最初，含拿得拿生長旺盛，尤其係於輕土，白三葉草尚寥寥無幾。短期之後，白三葉草在粘土上，蓬勃雄長，覆於前者。非豆科作物與夏科作物混栽，結果常較純栽者為佳。茲示A. Schultz-Lupitz氏所得之研

究結果如下：

	乾物質 公斤/公頃	氮素 公斤/公頃
黃羽扁豆.....	2292.8	91.79
油蘿蔔，芥子，黃羽扁豆.....	1578.0	42.57
油蘿蔔，芥子，燕菁.....	778.2	15.19
油蘿蔔，芥子，蕎麥， ，春薯，與拍魯斯克.....	2668.6	97.88

由上表可見，後者所產生有機乾物質最多，所含之氮素亦最多。

混合種籽中，深根與淺根之作物種籽之量之比例，則應視土壤水之情形而定。如雨量缺少，吾人應設法盡量利用地下水，深根之量應多於淺根。如欲疏鬆下土，亦應增多深根之量。

德國農民多於行混播時，用非豆科作物，以扶持其他作物，並利用非豆科作物之深根，取地下土之營養素。非豆科作物在幼小時期生長旺盛，可以佔取農田之全面積，而不讓雜草繁生。惟若以積聚土壤有機物為目的，吾人可單用非豆科作物。在亞熱帶與熱帶，綠肥改良土性之功用之重要不亞於固定氮素。非豆科作物與豆科作物之效力，均為重要。

栽培綠肥作物所用之播種量勿過少，須使其於最短期中佔取農田之全面積。O. Nolte示每公頃所應施之綠肥播種量如下：

綠肥作物	條播(公斤)	撒播(公斤)
羽扁豆.....	100—150	250—300
大粒種豌豆.....	160—200	160—240
小粒種豌豆.....	120—150	140—180
春苜蓿.....	120—150	150—210
蠶豆.....	180—260	220—300
舍拿得拿.....	25—45	35—60
瑞典三葉草.....	5—12	10—15
黃三葉草.....	16—24	20—30

土耳其三葉草.....	18—80	80—40
紅三葉草.....	10—18	14—24
白三葉草.....	8—12	10—15

豆科作物吸用空中氮素，以土中必須先有屬其植物細菌組之根瘤菌為前提。蠶豆與豌豆屬於同一植物細菌組。蠶豆之根瘤菌可使豌豆生根瘤並固定空中氮素。紫苜蓿之根瘤菌則不能使蠶豆生根瘤，因其不屬於相同之植物細菌組也。茲將各主要之植物細菌組及其所屬之重要豆科作物開列如下：

植物細菌組	根瘤組	所屬植物
苜蓿組	<i>Rhizobium meliloti</i>	天藍(<i>Medicago lupulina</i> L.)，紫苜蓿，苜蓿，白甜三葉草，二年生黃甜三葉草(<i>Melilotus officinalis</i>)，瑞士苜蓿(<i>M. f. alcata</i>)等。
三葉草組	<i>Rhizobium trifolii</i>	紅三葉草，白三葉草，瑞典三葉草，土耳其三葉草等。
豌豆組	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	豌豆，山豆(<i>Lathyrus palustris</i> var. <i>linesarifolius</i> Ser.) 春苜，冬苜，蠶豆等。
菜豆組	<i>Rhizobium phaseoli</i>	菜豆(<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)等。
羽扇豆組	<i>Rhizobium lupini</i>	黃羽扇豆，藍羽扇豆，白羽扇，豆舍拿得拿等。
大豆組	<i>Rhizobium japonicum</i>	大豆
豇豆組	<i>Rhizobium sp?</i>	豇豆，鐵掃帚(<i>Lespedeza sericea</i>)，雞眼草(<i>Lespedeza striata</i>)，刀豆，蠶豆，蕁豆，葛(<i>Pueraria hirsuta</i> , Schneid)，木豆(<i>Cajanus. cajan</i> Millsp)，花生， <i>Crotalaria juncea</i> L. 等。

上列各種植物細菌組，雖各有其特殊之根瘤菌，但亦有相同者。豇豆組，大豆組，與羽扇豆之細菌常可互相接種而生根瘤。豌豆，菜豆，三葉草，及苜蓿四組之細菌，特性甚強，不容互相接種。

栽培豆科作物者，如土中缺乏其本組之根瘤菌，則生長不良，必須以人工接種之。其法有二，茲述之如下：

1. 土壤接種法。自他種該豆科作物生長良好，根瘤發育健全之田中，取得土壤（內含性能良好之根瘤菌），撒佈於缺乏根瘤菌之農田中即可。每畝約可用15—20公斤。亦有用水或膠水潤溼種籽，後以久種豆科作物之土與之拌勻，而後播於田中播下者。此二法，均須注意，勿使含菌之土壤過於乾涸，或為陽光所照，並好能於兩天之陰，撒於田上，迅即混以其他土壤。

2. 根瘤菌液接種法。此法即用人工培養根瘤菌，直接接種於作物之種籽，或調成液狀，於少量之土壤，然後再撒佈於田中。此法較為簡便，並可免除前法所引起之危險。最近歐美各國行之者甚多。市場上此類接種劑之商標亦甚夥。我國各農事機關亦有從事此項研究者。用根瘤菌接種劑接種雜糧作物，環境不宜時，亦有無效者。

栽培豆科綠肥作物時，無須多施用氮肥，須多施磷鉀肥。其量視土壤種類，綠肥作物種類，氣候等而定（參考本書第四章節）。

第四節 施用綠肥所應注意之事項

綠肥能增加輕沙土之吸着力與氮素含量，係其最佳之改良物。雜入作此類試驗，最為成功。行作制時，用蛇麻三葉草（Hopfenklee），沙紫苜蓿（Sand luzerne），瑞奧三葉草，溫特三葉草，與舍拿得拿。行主作制與割株作制，則用白及黃羽扇豆，亦有用白豌豆及拍魯斯克者。綠肥亦可改良黏土及粘土之性質。在此，可用之綠肥作物種類甚多（參考本章第二節第五目）。

耕前翻埋於土中，應以使得肥於種植後作之前充分分解，而無氮素尚未流失為度。豆科作物之吸氮作用盛於開花之後。據G. Liebscher氏之研究，開花期起始之後，豆科作物所吸之氮量相當於其總含氮量之百分數，有如下列：

黃羽扇豆	67.4%	麥苜	69.9%
舍拿得拿	85.5%	七耳草三葉草	70.5%
豌豆	66.7%		

以故，如以豆科作物為綠肥，須俟其開花後才刈割。如在輕土，耕翻綠肥之深度約為十公分，最深不可超於二十公分。其時期距播作之時期，當頗為佳，以防氮素之流失。如在粘土，亦不可翻埋過深，因有機物質缺乏

氧氣，不能分解，易變為泥炭。德國農民常有使綠肥作物盡量生長，即至冬季亦讓其立於田中，受氣候之侵蝕。至後作將行播種時，則以重滾鎮壓之，然於耕翻。其因雨雪之剝蝕所損失之有機物與氮素之量常少於因耕翻過早所損失之量。如耕翻生長甚茂，色猶青綠之綠肥，其法稍異，而應先割下，而後鋪於田上犁之。吾國農民於稻田中施綠肥時，常用足將其踏於泥中者。據編農民亦有懸一草鐵鍊於犁前，壓低綠肥作物，而後犁之，法頗簡便。

無論於重土或輕土，施用綠肥時常應附施其他植物之肥料。少量之綠肥之種類，土壤之種類，及後作之種類而定。施充足之綠肥後，似需氮不多之作物，可下施氮肥。如種洋蔥，甜菜等需氮甚多之作物，則後需之。綠肥在輕土之氮素效力常常不足。土壤愈輕，耕翻愈早，則氮素不足之情形愈常。

據 W. Schneidewind, G. V. Sephorst 等氏之研究，在田上綠肥氮素之被利用者約為 12-20%，視耕翻時期之早晚而異。在良土，綠肥氮素之效力遠為良好，可達總含氮量百分之四十三。施綠肥之成效有視於犁翻之方法與時期。

綠肥以施於常須中耕之作物，如洋蔥，玉米，烟草，甜菜等，效力最大。

第三節 廐肥 (Stallmist)

廐肥乃畜糞之糞尿及採草等之混和物。在畜及用糞之區域，廐肥甚重要。施廐肥於土中，可增加其腐植質含量，幫助土壤中之活動與空氣，產生二氧化碳，而改良土性，亦可供給植物以營養素。且其土表之功用在於改良土性，故係植物之肥料，亦係土壤之肥料。家畜之糞固可改良土性，供給植物以營養素。從家畜衛生上言，從畜糞與廐肥效力差異上言，單用畜糞，不如將其製為廐肥。西德有云，無廐肥即無農業。其在歐西農業上地位之重要，可想而知。我國農家，缺乏牲口，廐肥之重要，宛不如歐西各國。我國學者，有主張提倡畜牧，改進國人之營養及解決肥荒之問題者，困難甚多，實非短期中所可獲效。我國之人，不多食肉，欲改其習慣，殊非易事。提倡畜牧需人才，需金錢，更需時間，非呼號一聲，即可成事。畜牧應提倡，墾荒開墾，迫在眉睫，急不容緩，以謀其他補救之道，不能坐待之也。我國畜牧發達之區，可大量施用廐肥。其他區域在畜牧發達之前，應多用綠肥，堆肥，或研究引用人工廐肥，糞肥等以濟之。歐西學者，研究廐肥，不遺餘力，成績卓著。余於此書着重敘述堆積廐肥之方法，如法屢免其乾物質則氮

素之損失及各種肥料之肥料價值等。

第一目 厩肥之原料

厩肥之原料為家畜之糞與尿及厩舍中之糞草。其成分差異甚大。家畜之種類，年齡，飼育目的，飼料等有關於家畜糞尿之成分。糞草之種類繁多，其成分完全不能一致。

普通農家常用之糞草，首推蔗滓，因此物價廉量多，故也。舖用糞草於厩舍之目的在於保持家畜之溫暖及衛生，並吸收家畜之液體排泄物。蔗滓經切碎之後，吸收液體之能力，更為增強。每百份蔗滓可吸收815-890份畜尿。泥炭吸收液體之能力更大，每百份泥炭可吸收900-1700份畜尿。林區農民有用樹葉，海濱農民有用水草者。其他如鋸木屑，雜草，有機質土壤等等，亦可以用。泥炭於吸收水份之外，尚能吸收氮氣。每百份泥炭可吸收1.3至1.5份氮素。

根據Haselhoff氏，以普通排泄量計算，每畜每日所需之糞草量有如下表：

家畜種類	蔗滓(公斤)	泥炭(公斤)
馬.....	2—3	3—5
牛.....	4—5	5—6
豬.....	3—3.5	0.5—1.5
羊.....	0.15	0.14—0.20

根據 E. V. Wolf 氏，每畜每年約可得下列數量之糞肥：

馬.....9000公斤 羊.....900公斤
牛.....14000公斤 豬.....2000公斤

平均言之，每大畜每年約可得100-125公擔糞肥。

馬糞含氮豐富，含水量少，分解迅速，生熱甚多，宜於菜園。羊糞含氮更富，含水量更少，其氮素多在易為植物所吸收之狀態下，極宜於根莖作物。二者皆為熱糞。牛糞含氮較少，含水量較多，分解甚緩。豬糞如牛糞，皆為冷糞。熱糞宜於粘土，冷糞宜於輕土。

馬與羊之尿含氮最富，含加里亦較牛與豬之尿為多。磷酸則一切畜尿均少含之。

下表示Haselhoff氏所分析得各種家畜糞尿之成分：

畜種類	水%	有機物%	氮%	磷%	能量%	尿酸%	排泄物(公升)
馬	76.8	21.0	0.4	0.85	0.35	0.15	10.5
牛	88.8	14.5	0.29	0.17	0.10	0.14	1.0
羊	65.5	31.4	0.55	0.31	0.25	0.43	4.7
猪	81.5	15.0	0.60	0.41	0.26	0.09	—

尿

馬	90.1	7.1	1.55	0.05	1.50	0.25	2.5
牛	98.8	3.5	0.58	0.06	1.30	0.06	12.0
羊	87.2	8.8	1.95	0.20	2.26	0.16	0.8
猪	96.7	2.8	0.43	0.07	0.83	0.01	—

上列數字，視飼料等之不同而有異。食蛋白質多者，含氮亦多。飲水多者，其尿之量亦多，濃度則減少矣。

在厩舍中，畜畜排出之尿，一部為褥草所吸收，一部流入舍外特製之坑中，是為漏液。漏液含營養素甚富，可直接施於田中，作為肥料，不可再以重加於厩肥之中，其原因容後述之。

第二目 堆積厩肥之目的及應注意之事項

堆積厩肥之目的在於破壞其易於溶解之有機組成物，使其成為易變為土壤腐植質之物料。

厩肥原料之主要有機組成物係半纖維素(Hemicellulose)，纖維素，木素(Lignin)，與蛋白質。在厩肥腐熟作用中，此數組成物分解速度不同。半纖維素與纖維素分解最速，木素與蛋白質最緩。此種分解作用係由微生物所促成。Wakeman 氏曾以馬糞肥為試驗，發現分解時，各有機組成物含量之百分數低減之情況如下(以各有機組成物相當於乾物質之百分數計算)

新鮮	80	96	167	200
	日 之 後			

半纖維素.....	23.5	22.8	15.7	18.4	12.9
纖維素.....	27.5	23.2	16.1	7.0	6.0
木素.....	14.2	16.6	17.9	20.5	23.4
粗蛋白質.....	6.8	7.0	14.8	18.6	16.4
灰份	9.1	13.6	20.9	22.2	19.3

由上表可見五星期之後，半纖維素與纖維素之量低減已甚，尤以纖維素為然。以故，厩肥之半纖維素含量，或 Pentosanen (保半纖維素之一部) 含量常可指示厩肥腐熟之程度。完全腐熟之厩肥，其 Pentosanen 含量常不超過12%。

根據 Flieg 氏之試驗，黑麥莖之 Pentosanen 含量在腐熟作用中低降之情形有如下列：

新鮮	25.8%
四星期後.....	20.3%
九星期後.....	13.5%
十二星期後.....	12.8%
十五星期後.....	10.5%

木素與蛋白質分解甚緩，故其百分率增加。厩肥腐熟之後，其主要有機組成物即為木素與蛋白質，其成分與土壤腐植質至為相似。Waksman 以土壤腐植質成分與厩肥比較，得結果如下：

	黑土第六號	黑土第十六號	黑土第二十一號	腐熟厩肥 (以灰份除外計算)
半纖維素 ..	8.6	5.5	8.5	16.5
纖維素	5.2	4.1	2.8	7.6
木素.....	40.8	41.9	42.8	36.1
蛋白質.....	34.7	37.4	23.4	20.1
CIN	10.3	9.9	10.9	—

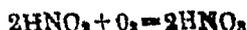
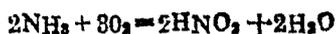
木素與蛋白質分解困難，但在通氣良好之情形下，亦能徐徐分解，以不斷之能之來源供給細菌，對於土壤及土壤中各種作用甚有價值。

雖然，以上在普通情形下堆積時，往往不能達到此種境地，而損失大量

乾物質與氮素，故必須用人力控制之。標草與畜糞含大量細菌。在貯舍中時，細菌已開始其破壞有機物之工作，將糖類，Pentosans, 纖維素等化爲 CO_2 , CO , H_2O , CH_4 , H_2S , NH_3 與 N_2 等。取出貯舍之後，若堆積不緊，空氣流通，則需氧性細菌在短期之中，即可將糞肥變爲疎鬆，難於分解之有機物質及細菌屍體，甚至無肥料價值之可言。控制之道，須將糞肥緊並潤濕之，得以排出空氣，使厭氧性細菌得盡性活動與繁殖。厭氧性細菌亦需氧素，一如其他生物。其氧素乃取於其週圍有機物中所含者。以是，糞肥所含之氧漸漸減少，碳素與氮素漸漸積加，其每公分之燃燒值，亦隨之而加。厭氧性細菌之主要任務在於造成含能甚富之物質。施此種糞肥於土壤，使其行需氧性分解時，則對需氧性細菌之營養更爲適宜。

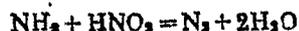
氮之損失與碳之損失互相關連。乾物質損失愈多，氮之損失亦愈多。水分愈少，溫度愈高，空氣愈流通，氮之損失亦愈多。在厭氧性環境下，氮之生成或成在需氧性環境下爲易。氮生成之後，即與糞肥中二氧化碳化合物變爲碳酸銨。如糞肥中二氧化碳甚多，可阻止碳酸銨復變爲二氧化碳與氮之作用。如糞肥中空氣過於流通，二氧化碳濃度甚少，則碳酸銨極易分解，使氮逸失。欲避免氮之損失，須杜絕空氣流通，使糞肥得厭氧性之環境。

糞肥初不含硝酸鹽。但若疎鬆堆積，氮可氮化爲硝酸鹽。其作用分爲二步：（一）Nitrosomonas 細菌將氮變爲亞硝酸，（二）Nitrobakter 細菌將亞硝酸變爲硝酸：



如糞肥空氣中含氧不多，同時又有易於分解之有機物，則許多微生物均能奪取硝酸鹽之氧，以氧化有機物，並使氮變爲自由氮氣而逸失。堆積率密之糞肥如含有硝酸鹽，則氮在此類狀態下之逸失，繼續不斷，直至硝酸鹽耗盡始止。

氮或尿素如其與亞硝酸接觸，則立變爲氮氣逸失：



糞肥在疎鬆狀態下有助於需氧性細菌及真菌之繁殖。糞肥越率加爲其可同化，變爲其身體所含之蛋白質氮素，因之，難爲植物所利用。爲避免肥氮素性質劣化起見，吾人亦須將糞肥緊堆積。

糞肥氮素來自家畜糞尿與褥草。糞與褥草所含之氮多不溶於水，難於分解。尿氮多係在尿素，為尿酸，及尿酸狀態下，皆為水溶性。許多需氣菌能迅速將其分解為氨而逸失。故現歐西新式厩舍均係將糞與尿迅速分開貯存。家畜排出之尿迅即引於舍外坑中，盡力設法其避免與空氣接觸。又常有人傾油於坑中，使浮於尿上，避免空氣促助尿中需氣菌之活動而致氮之逸失。尚有人提議他法，阻止尿中氮素之逸失者，但均不能達到完全之目的也。

第三目 堆積厩肥之各種方法

堆積厩肥有數法。能避免上述缺點者，所得之產物，性質方佳。茲分述之如下：

1. 深厩厩肥 (Tiefstalldung)。厩舍可分兩種，曰深厩，曰淺厩。深厩之地較其他厩舍深一至一公尺半。家畜所用之褥草，所排之糞尿，不行時時取出，層層堆積其中，可達半年。以用褥草，如係葉樺，應切碎長15—25公分，以增其吸水力並助均勻之腐熟。固體與液體排泄物須絕對均勻混合於褥草。褥草不宜添加過多，致礙分解。

深厩厩肥因家畜之糞尿，畜尿之潤濕，係在厭氣性環境下腐熟而成。二氧化碳之大量產生，緩慢逸失，不僅有助於造就厭氣性環境，且可阻止尿酸之分解。以故乾物質與氮素之損失，均甚微少，厩肥肥效特高。此舉世人早已觀察得之矣。故自肥效觀點上言，深厩厩肥價值甚高。惟深厩空氣常污濁，含二氧化碳及氨等特多，有礙家畜衛生。深厩家畜患肺病，口爪傳染病者頗多。以產乳牛，所得之乳，不能清潔，多微生物，且甚惡臭。歐西各國政府禁止農民居乳牛於深厩者。故自衛生上言，深厩價值最遜。

2. 普通厩肥。淺厩之中，褥草與糞尿時時取出，故所積之量不大。乳牛之厩，一日一清除，恐分解作用開始也。新式淺厩之中，糞與尿可立即分開，故不必用過多之褥草。淺厩之空氣較潔，少臭味與微生物。厩肥自淺厩中取出之後，處理方法不同，所得肥料，迥亦大異。普通厩肥非指一固定一律之厩肥也。

a. 無控制之腐熟作用。農人將厩肥運出厩舍後，有將其隨意拋擲於地上者。在此種厩肥中，固體排泄物與褥草未充分混合，有為純粹之葉樺，有則沉積於厩肥設計之中。風吹日晒使肥分損失至甚。厩肥之濕與緊處，腐熟正常也較緩，疏鬆之處，腐熟劇烈，放熱甚多，損失乾物質與氮之量均大。過於潮濕者，不能腐熟。肥堆之外層，乾燥甚速，葉樺不能分解。由此種製成

之糞肥，性質最劣，肥效最遲。

b. 低溫發酵作用。糞肥運出厩舍之後，潤濕，壓緊，堆積於風，日及雨以侵灌不及之處，其漏液則引導於特製之坑中，則其發酵作用之進行如深窠糞肥，而又不礙家畜之衛生。其溫度上升甚緩，但易趨於外間溫度 $15-20^{\circ}\text{C}$ 。冬季可達 $30-35^{\circ}\text{C}$ ，夏季可達 $40-45^{\circ}\text{C}$ 。

堆積之場所或為一坑，邊圍以牆。或為一室，牆為木板可隨肥堆之高低而添減。坑與室之頂，或為木板，或為茅草，或塗以爛泥。

各種家畜之糞應相間疊積，以使冷與熱之糞得均勻混合，均勻發酵。潤濕之時，僅可用水，不可用尿，以避免氮素之損失。糞肥生熱，蒸發水份，吸入空氣，雖其下層，需氣性細菌與真菌亦得生長。以水潤濕糞肥時，不可用過多，滲失氮及鉀之化合物，並防糞肥分解不全，變為泥炭。歐美大農場常有以大滾滾糞堆，壓力均勻，產物性質亦一致。壓緊與潤濕係造成厭氣性環境之二重要方法。低溫發酵作用之成效，端視此二項工作。堆積兩三個月，其熟作用即行完成。

造 糞肥堆中厭氣性環境，尚有一法：即將糞肥積成高逾一公尺半之堆，上塗以泥。堆高愈高，糞肥易緊。如用切碎濕處之糞桿，其效更大。

P. Deherain 氏法係以二氧化碳氣造 糞肥堆中厭氣性環境。築 糞肥坑或肥室中取出舊糞肥後，留一小部為新糞肥之底。此小部舊糞肥發酵甚速，生二氧化碳，排出肥堆中空氣。此法用於緊密之肥坑或肥室，功效更大。

普通言之牛一頭日產新鮮糞肥四十公斤。將其三個月所產之糞肥堆積高 1.2 公尺，須有四平方公尺面積之地。

3. 高溫糞肥 (Heissmist) 或寶貴糞肥 (Edelmist)。德人 H. Krantz 氏創高溫發酵法，堆製糞肥，並得有專利權，名其糞肥曰：高溫糞肥。此種糞肥可在大厩酵場或小厩酵場，亦可在露天之院中堆製。大厩酵場常設有樓梯，肥堆高達六公尺，量達約 1100 立方公尺，足堆一百匹大畜之糞肥。

用法堆積糞肥，其發酵作用分兩階級進行：初為生物的，繼多為化學的。其法先堆積糞肥高約 90 公分於厩酵場之上，使其參量疎鬆，以便發酵，兩三日後，溫度可達 $60-70^{\circ}\text{C}$ 。此段係生物作用。嗣即壓緊之，於是生物作用終止，化學作用開始。壓緊之後，再加新糞肥於其上，處理如前，堆高逾五至六公尺為止。其頂塗之以泥，或蓋之以茅和茅草。保持肥堆之熱度，堆製此種糞肥之成敗關鍵（可以特製之溫度表測量之）。三四個月後，肥堆

中溫度視季節之不同，仍應在85—100°。如無此熱度，則腐敗之化學變化不能生成。厩室之壁板用木板，可以添高與減低。四五個月後，高溫厩肥始行全腐熟。

高溫厩肥之外觀與其他厩肥異，保存暗色或黑棕色，中性或微鹼性，性質均勻之產物。尤可注意者，其質厚易於脆碎，且無臭氣。厩肥在疏鬆堆積時，細菌數目隨溫度之高長而增加。溫度越高，細菌又少。所存者僅為能耐熱之細菌。此類細菌在肥堆壓緊之後，亦行死亡，因其係需氣性者也。故高溫厩肥中幾不含微生物。氮與易損失之含氮化合物在高溫厩肥中係與碳水化合物及其他無氮之物質化合。堆積之初，厩肥含氮甚多，後則漸漸減少。高溫厩肥在土中極易變為土壤腐植質。堆製之時，其發酵期僅兩三日，故其乾物質與氮素之損失僅當普通厩肥之半。據 F. Löhnis 氏之研究，高溫厩肥在冬季及夏季堆積三個月，其平均之損失如下：

		乾物質	氮素
夏季	普通厩肥（潤濕並壓緊）	-45%	-40%
	高溫厩肥	-25%	-22%
冬季	普通厩肥（潤濕並壓緊）	-33%	-20%
	高溫厩肥	-23%	-8%

堆積高溫厩肥，需時較長，需地則較小，故仍為經濟。

厩肥發酵時，產生大量潮液，引之於坑，可以直接施於田中，含肥分甚富。或謂其生成係由於有機物之脫水作用者，有待於證實也。

第四目 厩肥之肥料價值

以各種厩肥作田間試驗，比較其價值頗為困難。若以同量之各種厩肥為試驗，其所含之營養量不相同。若以含同量之氮素之厩肥為試驗，其所含之其他營養素與乾物質之量又不相同。例如，每畝公頃施 250 公担厩肥，則深厩肥與普通厩肥所含之氮素量有如下列：

氮素	深厩肥	普通厩肥
總氮量	1.39公担	1.27公担
溶解性氮量	0.49公担	0.28公担

又腐肥尚有物理，化學，與生物之作用，皆須顧及，不備不計。

高溫腐肥之肥效較其他腐肥盛大者下，其經濟利益究爲如何，研究者甚多，尙不能決定言之。惟自各學者所研究得高溫腐肥之乾物質含量，氮以及其他營養素含量等，可見其成分確係優良。各學者所作之田間試驗，亦證明其效力宏大。茲示Lb ni氏用不同腐肥，施於洋薯，試驗得其於每公頃增加洋薯之產量如下：

腐 肥	堆積六星期	堆積三個月
潤濕，壓緊堆積之普通腐肥	4400公斤	3800公斤
高溫腐肥	5100公斤	6700公斤

至於深腐肥與普通腐肥之肥效研究，作之者亦甚多。普通言之，腐肥運抵農田，迅即取用者，深腐肥之效力皆較普通腐肥爲大。茲示Schneidewind氏用甜菜作試驗所得之結果如下：

施 用 肥 料 種 類	甜菜收穫量 (公斤/公頃)
礦物質完全肥料 + 深腐肥	584
礦物質完全肥料 + 普通腐肥	508

深腐肥效力較大者，因其所含之總氮量與溶解性氮量均較高也。

腐肥之化學成分，相差甚大，其對於土壤之物理及生物作用，亦至懸殊，故欲測定腐肥所含之營養素之效力，極爲困難。腐肥營養素中以氮最爲重要。其狀態有爲無機之氮化合物，有爲有機化合物，其溶解性各不相同。有機化合物分解需時，其營養素之被利用情形隨作物之不同而有異。如作物生育強之時期與腐肥分解劇烈之時期相符合，則後者所含營養素之被利用情形亦較良好。在歐西農民所栽培之作物中，以甜菜，洋薯等根莖作物最能利用腐肥。穀實作物中，則以燕麥利用腐肥之能力爲最強大。

根據歐西學者多年之研究，兩年之中，腐肥氮素之被利用率約當其總氮量百分之25—30。此種結果當然隨腐肥與土壤之性質，氣候，及施用量而有異。Schneidewind氏在德國Lauchsbühl地測得腐肥氮素之被利用率約當其總氮量百分之33.3。每公頃施用200公擔者，其被利用率較每公頃施用300公擔者爲大。腐肥氮素之被利用率約當礦質肥料之半。腐肥效力在歐洲情形，皆可證四年之久。

家畜飼料所含之磷化合物經家畜腸胃與腐肥腐熟作用之影響變為較易溶解。植物在幼小時期已能吸收植物性磷酸，如酵母及Phytin等之磷酸。腐肥加里之被利用率亦甚大。據Schulze氏之研究，每百份腐肥加里在四年中有43.6份為作物所利用，其中第一年佔57%，第二年15.5%，第三年12.7%，第四年14.8%。據L. Wagner氏，每百份腐肥加里平均可有80份為植物所利用。W. Schneidewind氏研究，腐肥加里為甜菜及其後作大麥所利用者有47.5%，為洋薯及其後作小麥所利用者達78.2%。在司試驗中，磷酸之被利用率為41.9%與82.7%。據B. Schulze氏之研究，腐肥磷酸在四年中被吸用者為88.4%。據L. Wagner氏十二年之研究，為80.4%。以歐西普通情形言，腐肥加里有50%可被利用，腐肥磷酸為25—30%。

W. Schneidewind氏以腐肥磷酸營養素之被利用率與礦物質肥料比較，得結果如下：

	加 里	磷 酸	氮 素
I. 甜菜與其後作大麥			
腐肥料.....	47.5	41.9	40.9
礦物質肥料.....	48.7	28.2	98.5
II. 洋薯與其後作小麥			
腐肥.....	78.2	82.7	86.2
礦物質肥料.....	52.7	14.6	76.9

上表示腐肥營養素之被利用率遠劣於礦物質營養素，加里與礦物質肥料相當，磷酸則過之。當然上列數目不能切合於任何情形，僅可示在某種情形下之結果而已。

腐肥亦係土壤之肥料。其主要效用在於改良土壤化學、物理、及生物之性質，增加土壤之生產力與植物之肥料之效力。施用腐肥，增加作物之產量，其原因非僅由於其所含之營養素，尚有由於其改良土性之功用。Schneidewind氏曾作一試驗，以大量礦物質肥料加於土壤後（其量之大，使再加礦物質肥料亦不能使作物增加生產），再施腐肥，作物之生產量又獲增加25%。

施 肥 法	甜菜 (公擔/公頃)	洋薯 (公擔/公頃)
礦物質完全肥料.....	488	249
礦物質完全肥料+普通廐肥...	508	806
礦物質完全肥料+有機廐肥...	584	812

在一切土壤種植根莖作物，礦物質肥料與廐肥併施之後，方可得到最多之收穫物。施用廐肥之後，再施礦物質肥料，效力最大，尤其係栽培根莖作物與油料作物時。加里與磷酸礦物質肥料之效力極小，因普通土壤缺乏磷鉀不如缺乏氮素之甚，廐肥磷鉀之被利用率較高，普通作物需氮最多等故也。

第五目 廐肥之施用法

施用廐肥，最好於陰冷天氣中之。運抵農田後，不可積為小堆，久置田上，應立即平鋪田上，播於土中，以防風，雨，日光之侵蝕，損失其營養素。如因有其他原因，不能立即耕於土中者，應將其積為大堆，封以濕泥，以免損失。其耕入土中之深度應視土壤之種類而定。粘土，濕土宜淺，約為10—15公分，沙土，乾土可以較深。耕淺者，分解速，耕深者，分解緩，故也。

施用廐肥之量，決於土壤及作物之種類。沙土消耗廐肥適於粘土。兩年之後，效力極微。施用量過大與適宜者，其所增加收穫量無顯著之差別。按德國近日之情形，施用廐肥於沙土，每公頃不超過200公担（合每市畝不超過2700市斤），於粘土，不超過300公担（合每市畝不超過4000市斤）。觀賞作物與豆科作物不能充分利用廐肥，施用量宜小。根莖作物與油料作物能充分利用廐肥，施用量可較大。施用廐肥之次數可以增多，尤以沙土為然，年年均應施用也。

施用廐肥之時期，不可太早，恐其氮素為微生物轉為硝酸鹽後，流失過多。施用期愈早，氣候愈溫暖，雨量愈大，此種危險愈甚。施用過晚，則分解不完全，效力不宏大。此須就各地氣候，土壤，作物等情形研究其宜者也。

總而言之，土壤愈肥沃者，施用廐肥之利益愈大。此其貴賤之土不可施。貧瘠之土應施廐肥，以改善其性質，增加收穫量。但每次所施之量

廢少，次數應多。

第四節 人工糞肥 (Kunstmist)

歐美畜牧發達之國家，農民有充足之糞肥者亦甚少，缺乏者，比比皆是。腐植質肥料對於土壤，極為重要。專用礦物質肥料，常漸漸減低土壤之生產力。我國農家，家畜尤少，施用糞肥，至不普遍。故亟應另闢腐植質肥料之來源以濟之。英國羅丹斯特 (Rothamsted) 農事試驗場曾發明「合成糞肥」(“Synthetic farmyard manure”)。英國農公司 (Agricultural Development Company) 以其法請得專利權，名曰 Adco 法。他國之人仿效其法而稍加以更改。此物對我國農業，或有大益。至值吾人之研究也。

Adco 法。一切有機質物料，如小麥稈，大麥稈，燕麥稈，稻稈，芭蕉葉玉米稈與葉，甘蔗葉等等，均可用為人工糞肥之原料。堆積之前，應切碎以上物料，俾增加其吸水能力。攤平鋪之於地上，其面積寬十公尺，長五十公尺，高三十分。噴之以水。每百公斤葉稈用三百公升水。後於每平方公尺面積混以一公斤 Adco 粉。Adco 粉者，與農公司所特製之藥劑也。據 D. Meyer 氏之分析，此種粉未含 9.48% 石灰氮素之氮，2.88% 磷礦石之磷酸，與 2.07% 碳酸鈣。D. Meyer 氏又分析其他樣品，得 8.42% N, 9.72% P₂O₅，22.22% K₂O，與 51.76% CaO，後者有 11.25% 係與 CO₂ 化合。(與農公司曾製備多種藥劑，應用於各種原料。) 混和藥劑之時，須力求均勻。混畢，輕壓肥堆。添新原料於其上，處理如前，直至堆高二公尺為止。數日之內(通常三四星期)，發酵所增之溫度可達 40—60°C。一部細菌與野草種子因之滅亡。此後肥堆應求通風並保持潮濕。三四個月後，人工糞肥即完全腐熟。用每百公斤葉稈可得約三百公斤人工糞肥。

製造人工糞肥，難處在於如何均勻潤濕葉稈。後者之為物，易碎並難於吸水。如欲使發酵均勻，必須使肥堆中任何部份之葉稈皆含約 75% 水。為達到此目的，有人以水沖淋葉稈者，有人先以葉稈浸於水中或營養素溶液而後堆積者。復有人特備一大管，利用空氣將葉稈吹入管之一端。方葉稈碎離管之另一端時，以水細噴之。效果頗佳。尚有人於每隔兩三星期，即將葉稈潤溼一次者。細菌繁殖所需之濕度大，真菌繁殖所需之濕度小。如葉稈過乾，滋生真菌之時，細菌尚未活動，亦不能再與真菌競爭相生有矣。故此事至為重要。H. Krantz 氏建議以人糞尿，城市廢藥水，尿成礦物質肥料之溶液，與

切細搗碎之糞律，鋪層，豆莢等混合為糊狀物。然後，再將此糊狀物與糞律混合，力求均勻。結果亦佳。

Adao 粉價貴，較不經濟。德人常用其他藥品，替代之者。其中以石灰氮素與元素為最佳。Kalkammon ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaCO}_3$) 亦可用。硝酸鹽不可用以用，恐其氮素被還原為自由氮氣逸失也。每百公斤糞律用含 0.7 公斤素之上述肥料即可。天然有機質肥料中以人糞尿，水等為上。

堆積人工糞肥尚須注意防止酸性反應之產生與真菌之繁殖。如原料質於氮素或過於乾燥，則易有此種情形。如濕度適當而通氣不足，易生酪酸菌，阻止一切腐熟作用之進行，結果肥料性質惡劣。

人工糞肥之外觀似腐熟良好之糞肥。增加農產物產量之效用亦佳。人工糞肥所含之營養素較腐肥少，尤其係磷與鉀。茲比較兩物之營養素含量如下：

	人 工 糞 肥	腐 肥
N	0.50%	0.60%
P_2O_5	0.15%	0.30%
K_2O	0.40%	0.70%

Collison 與 Conn 氏在美國紐約農事試驗場於何耶糞律加六十磅硫酸鈣外，又加三十磅過磷酸石灰，二十五磅氯化鉀與五十磅磨碎之石灰岩。適量潤溼之後，堆積四至六個月。所得之肥料，效果亦佳，亦可供吾人研究者也。

第五節 葉肥 (Strohdüngung)

普通農家，缺乏糞肥，但皆富有葉律。施用此物於土壤是否可替代其他腐植質肥料，研究之者頗多，結果雖不十分滿意，然在不得已之情形下，尚可試用。

施用葉肥之法，可將葉律切碎，運回田中耕下，亦可於收穫之時每畝割株，運後耕下。後法省工，較為經濟。據 Roemer 氏之試驗，於小麥田中，每畝長一畝分之割株，即於每公頃施用八十公斤葉律。解體割株如長二十五公分，則每公頃有二十公担葉律。加以每公頃作物根部重量為十公担計算，則即施每公頃三十公担葉肥於土中。割株耕入土中之後，微生物即開始侵蝕之。葉律含氮之量甚低，約為 0.4—0.5%，不足供應其全部分解之需求。於

是，微生物乃取用土壤及肥料中所含之氮素，以分解糞料。結果農作物缺乏氮素營養。土壤所含之總氮量並未缺少，其溶解性氮素變為細菌體內之氮素，暫時不能為植物所利用耳。細菌死亡，其體分解之後，此種氮素乃重新解放，惟其時期常不能與作物需氮之時期相符合，故效力甚微。糞肥氮素效力甚小者，一因其活性較少，二亦因其解放氮素之時期不與植物需氮之時期完全符合也。

如欲避免糞肥之害處，勢須多施氮肥。根據許多學者之試驗，分解一百公斤糞料需耗0.7公斤氮，並以石灰氮素狀態下之氮素為最適。如分解52—80公担糞料，約需1—1.4公担石灰氮素。如耕翻糞肥之時期距離栽培作物之時期甚遠，可不另施氮肥，土中氮素常足以分解之，歷時既長，分解可以完全。即有不足，以上述之量之半，亦必夠用。如耕翻糞肥時期，晚，則非施足量之氮肥不可。糞料分解之速度隨氣候及土壤種類而大異。其施用期及補施氮肥之量須視土地之情形而定。以德國情形言，於早春施用糞肥者，須另施氮肥，於晚秋施用者，氮肥可免。

施用糞肥者，如種豆科作物，則可免施氮肥，因豆科作物能利用根瘤菌吸收利用土中氮素，如土中缺氮，豆科作物吸收空中氮素之量甚多，故糞肥對豆科作物完全無害。不特此也，根瘤菌以氮素供給豆科作物之外，尚能以之體於土中，供其他微生物分解糞肥之用。如吾人以豆科作物與穀實作物混栽，最能證明此種方法之可靠。如以二份豌豆與一份燕麥混栽，則燕麥可完全不需氮肥，而達其最大生產量。種植豆科綠肥作物前，施用糞肥，最為得計，糞肥既無害於豆科作物之生長，後者且有助前者之分解。綠肥耕翻分解之後，其氮素常有流失之虞，如曾施糞肥，則可免之。

第六節 堆肥 (Kompostdünger)

農場與工廠之中常有大量廢棄物，中含大量有機物與植物營養素。惟該有機物雖即變為土壤腐植質，其植物營養素難為植物所利用。此種物料且有能為害植物之生長者。堆積發酵之後，成堆乃糞。此法稱曰堆肥法。所得廢物稱曰堆肥。良好之堆肥係極佳之腐植質肥料，值吾人努力備用。

堆肥之原料極為複雜，故其成分極不一致。堆積二堆肥需工甚多，非僅農家作之事也。現歐西各國除有農家自製之堆肥外，尚有商販者。我國則僅有農家堆肥。

農家堆肥之原料大別可分三類：一爲不易分解之物，如菓穢，雜草，落葉，毛，角，蹄，骨，豆餅，綠肥果實與種籽之外殼，敗壞之飼料等等。二爲促進腐敗之物，如糞尿，魚肥，蠶蛹，寶蟲，家畜及家禽之腸胃中物，死鼠，石灰，草木灰等等。三爲吸收力強大之物，如湖河之泥，溝泥，黏土，泥炭等等。第一類係農場之主項廢棄物，常爲堆肥之主體。第二類原料之功用在於介紹細菌，供給細菌以營養素，使其繁殖更爲旺盛，中和反應等。第三類原料之功用在於吸收其他原料分解時所解放之營養素及使堆肥鬆軟等。石灰與水至爲重要，不可稍缺，不然，堆肥酸性過甚，細菌不能活動，過於乾燥，細菌亦不能活動，結果，堆肥不能腐熟矣。

堆製之前，須擇一高燥，不易爲水所沖或積水之地點。一切原料均須於用前徹底破碎。此乃堆製良好堆肥之前提。堆積之法，先鋪厚約十五至二十公分吸收力強大之物如泥炭爛泥於底，以吸收漏液，次鋪厚十至十五公分難分解之有機原料於其上，撒之以灰，以助分解，再加一層促進腐敗之原料於其上，再撒之以灰。嗣再自吸收力強大之原料始，疊積各類原料於其上，一如前述，直至堆高達一公尺爲止。在最上一層之有機物上，置吸收力較大之原料一層，以阻水份之蒸發。堆之外面，塗以厚約十公分之泥土，以使堆中溼度一致。天氣乾燥之時，時施以水，不可用尿，避免氮素損失故也。爲避日光照射，促助良好發酵起見，可於堆旁種植生長迅速，葉面廣大之植物，如瓜等，藉以防護。堆之形狀，以上尖下寬爲上。

此時堆製之手續猶未畢，因吾人如任其置放，不時加混拌，則所得產物，性質不能均勻，分解不特完全，效力不能宏大，混拌之法，須使上層之原料更換位置，但不必按原料之種類分層次也。不易分解之原料及肥堆之下層須多施石灰，以助分解。或以篩分出未分解之大塊原料，置於堆頂，其處空氣流通，分解較易。混拌之時期按原料，季節，肥料之溼度與反應等之不同而有異。吾人可以其最上層有機物之分解度爲標準。當此層有機物之構造已變複雜不能辨別時，即可開始混拌。混拌數次，堆肥各部性質均勻完全腐熟時，即可以用。此種時期長約兩個月至四個月不等。

歐洲及日本學者有以分解纖維素能力強大之細菌加於堆肥促其成熟者。吾國彭宗元陳萬平等氏亦引用之，稱曰「速成堆肥」。

吾人常以堆肥含大量雜草種籽，施於農田，雜草叢生，爲弊頗大。避之之法，可以熱水或濃硫酸加於含雜草種籽甚多之原料，以爲糞，而路上泥土，

植物莖稈等以殺滅之。援用硫酸，增加堆肥之酸度，必須以石灰中和之。W. Kleberger 氏曾倡一良法：先將含雜草種籽之原料堆成六至八公分高之薄層，次以水澆之，僅十四至二十日，翻動之後，再置十四至二十日。經此處理，雜草種籽大部發芽，堆為堆肥，其幼苗即行死亡。

堆肥者為佳之腐植質肥料，可改良土性，可施於花卉蔬菜，牧草等。其肥效與營養素含量繫於原料之種類與堆積之方法。其營養素成分約為：

水	15.80%	磷酸	0.20%
有機物	75.60%	加里	0.25%
氮	0.85%	石灰	3.75%

堆肥之氮，效緩而長。磷酸，加里，與石灰之效力亦至良好。堆肥之主要價值在其所含之大量有機物，耕於土中，可變為土壤之腐植質。

商販堆肥之原料多為城市下水道之沉澱物，淤泥，工廠中富於氮素之有機質廢棄物等。例如 Millorganit 乃美國 Milwaukee 城糞尿水澄清池之沉澱物，乾燥物碎後即得之。Almag-Dünger 乃德國 Elberfeld 城 [Almag] 公司以泥炭加於馬糞尿汗泥製得者。英國農公司提倡以其 Adco 粉加於蕪菁，洋薯葉，及其他廢棄物，以為堆肥。

第三章 天然肥料 (Natürliche Düngemitteln)

與化學肥料 (Chemische Düngemitteln)

天然肥料之能增加土壤腐植質含量者，稱曰腐植質肥料，前章已詳論之矣。本章所論之天然肥料，或因其施用量不多，所增加於土壤之有機物過少，或因其有機物之質不良，不能顯著增加土壤之腐植質含量，並改良其性質。此類天然肥料多係「植物之肥料」。

化學肥料，除石灰與含石灰之肥料外，亦多係植物之肥料。以故，本書將此兩類肥料，合於一章而論之。

石灰雖係土壤之肥料，惟其性質與施用法頗類其他化學肥料，而與腐植質肥料大相懸殊。故亦列於本章。

第一節 天然肥料

吾國農民，對於肥料，素極注意。所用天然肥料，種類極繁。其保存，管理，及施用方法，多與科學原理不謀而合者，有須待於改良者。吾人之天壤肥料實維持吾人「田之生產力垂數千年之久，絕不可屏棄，亦絕不能以化學肥料替代之也。引用化學肥料，最多僅能補吾人肥料之不足而已。吾國農民之天然肥料，除前章所述之糞肥，綠肥，堆肥等外，重要者尚有人糞尿，餅餅等等。茲分論之如下：

人糞尿 (Fakalien)。人糞尿雖含大量之有機質，但在土中不能變為土壤之良好腐植質，故不屬於腐植質肥料。

人糞尿之成分與量，隨人之食物種類與量，性別，年齡等之不同，差異甚大。根據 Holden 氏，每人平均之每日與每年之糞尿量及成分，有如下表：

	尿		糞		總量	
	每日 (公分)	每年 (公斤)	每日 (公分)	每年 (公斤)	每日 (公分)	每年 (公斤)
全量	1200.0	438.0	133.0	48.5	1333.0	486.5
乾物質	68.0	23.0	30.3	11.0	98.3	34.0
有機質	52.0	18.2	25.8	9.4	75.8	27.6
內含氮素	12.1	4.4	2.1	0.8	14.2	5.2
礦物質	18.0	4.5	4.5	1.6	17.5	6.4
內含加里	2.22	0.81	0.74	0.27	2.95	1.08
內含磷酸	1.80	0.66	1.64	0.60	3.44	1.26
內含灰石	0.22	0.08	0.08	0.29	0.28	0.37

由上表可見，人糞尿含氮最富，尤以尿為然，故係氮素肥料。據德意志 Chemnitz 城之統計數字，該城居民之人糞尿因收集不充實，約損失三分之一。吾國普通情形，較此當能良好。茲姑按此種標準，以每人每年產 860 公斤糞尿計算，則人口為 800,000 之城市，每年可得 1,000,000 公擔之人糞尿，內含 90,900 公擔有機物，15,000 公擔氮素，8,000 公擔加里與 3,000 公擔磷酸，合 100,000 公擔智利硝，25,000 公擔 12% 昇高鹽與 20000 公擔 15% 湯馬斯磷肥。吾國之人口約為四萬萬五千萬，所產之糞尿量及其價值約一千五百倍於上流之數。戰前吾國全國農民每年所用之硫酸銨約為十萬噸。據張乃鳳氏之預測，最近二十年內吾國每年所引用之硫酸銨量當不至超出二百餘萬噸。由此可見，人糞尿在我國農業上位置之重要，非化學肥料所易代替也。

人糞與人尿之性質成分，完全不同。後者所含之植物營養料如加里、磷酸與氮素，均易為植物所吸收。尿中所含氮素多在尿素狀態之下。發酵之後，即變為碳酸銨，銨之有機鹽與自由氮，效力甚速，一如化學肥料。人糞尿平均含約 0.50% 氮素，含 0.32% 加里，每人每日所排洩之尿中約有 9.8 公分加里。因此之故，吾人不能施用人尿於若干農作物，例如：菸草之嫩葉極困難用人尿而澆灌此其劣點也。

人糞含有機物甚富。其中有葉綠素，糊精，蛋白質，脂肪，纖維素，糖類，一項未經消化或消化之食物，消化道之分泌物與腐敗代謝之產物，如膽酸、羊脂酸，膽固醇 (Cholesterol)，膽酸，吲哚 (Indol) 等，佔糞全量

百分之十九至二十。惟其在土中，難變為良好之腐植質，並改良土壤之性質。故如欲增加土壤之腐植質含量，改良土壤之性質者，不可用人糞，須用綠肥，廐肥，堆肥等腐植質肥料。

人糞之肥效多賴其植物營養素之含量。人糞所含之植物營養素為氮素，磷，鉀，石灰，及磷鐵。糞之分解多無規則並不完全，糞之一部份已死，一部係猶生之細菌與真菌。糞中之氮，含於細菌者甚多，皆在難於侵蝕，緩於分解之 Nucleoproteiden 狀態。其餘之氮，一部份在不能消化之蛋白狀態下，一部在新陳代謝之含氮產物中。前者經腸胃酵素之侵蝕，猶不分解，故其在土中之分解也亦難。後者付經消化道酵素之侵蝕，故其變為氨也，較未經消化之蛋白質與細菌體中之蛋白質為易。糞中含氮化合物分解時，其所解放之氮易為細菌與真菌所同化，並變為有機質之蛋白質。故糞中之氮變為氨與硝酸鹽之速度，至為緩慢，係遲效性之氮素肥料。

貯存人糞須注意避免損失。普通農家貯存人糞尿，常用土坑，或於土坑之旁，砌之以磚，均易漏水，而致損失。歐美農民有用土牆膏，石塊，以洋灰鋪成之坑者，僅略佳於前，因人糞尿亦能使蝕此類材料而使之漏水也。人糞尿中之氮素變為氨後，亦易逸失。溫度愈高，空氣愈流通，糞灰愈濃，貯存期愈久者，氮之損失亦愈多，吾人均須注意及之。此外，有人加過磷酸石灰於人糞尿中，既可防氮之逸失，又可補充磷酸含量，又有人加 paraffin 油於其上者，使其與空氣隔絕，亦可減少氮之損失。

吾國之人保有人糞尿，多貯之於坑或桶，或製為堆肥與乾糞等。近來城市衛生頗引人注意。吾人應通城中人糞與廢水於郊外，灌溉農田，一如柏林，巴黎等城，亦可製為活性污泥 (active sludge) 以肥田。此吾人所望於辦城市政者也。

人糞尿與枯草落葉等有機物料混合之後，可作基肥。腐熟之人糞尿，其溶解性氮素約占全氮素之百分之八十。肥效頗速，可為追肥。若土質甚鬆，吸收力微弱，則須與其他有機質物料混合並用，或分回施用。若土質較粘，吸收力強大，則可減其施用之回數，不虞其隨雨水之流失也。施用人糞尿時，應加數倍之水以稀釋之，尤以早年為然，蓋濃厚之糞尿，增加土壤溶液之濃度，阻礙植物之滲透作用，使種籽不易發芽，長成之植物易於枯萎，如施之於水田，應先排水，隨後一夜，使其糞分為土壤吸收後，再行灌水。

人糞尿係氮素肥料。如土壤缺乏磷鉀，應以磷鉀肥料補充之。人糞尿不

可與鹼性肥料，如草木灰，湯馬斯磷肥等合施，避免氮之逸失也。

油餅類 (Ölkuchen)。油餅類亦含有機物，約佔全油餅百分之七十五至八十二。但吾人施用油餅之量罕有超百斤者，其增加於土壤之腐植質量，誠不足道，其肥效主要係由於其所含之營養素，故非腐植質肥料。

吾國農民應用油餅為肥料。其所含之三要素因油餅種類之不同而有異。茲錄各道油餅之三要素平均含量如下：

油餅種類	有機物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
桐油餅	—	5.99	2.10	1.20
大豆餅	74.46	6.45	1.09	1.49
大豆餅 (關東產)	—	7.02	1.54	1.20
油菜餅 (廣東產)	79.07	5.88	1.57	1.19
芝麻餅 (山東產)	—	4.90	2.00	0.92
花生餅	—	6.39	1.10	1.90
棉實餅	—	5.62	2.49	0.25
茶青餅 (廣東產)	81.18	1.64	2.32	0.39
椰子餅	81.97	3.74	1.30	1.98

由上觀之，油餅雖三要素均含，而以氮素為最富，故人稱之為營養肥料。

油餅分解之時，產生有機酸如蟻酸，醋酸等，有害種子之發芽，或阻止幼小植物之生長，其害在旱田較水田為顯著，砂土較粘土為顯著，避免此害之法，宜用前加水，或混以堆肥，發酵腐熟而後用。並於播種或移植之前十餘日或數十日施用，其害亦減。

草木灰 (Pflanzenasche)。吾國各地農民普遍喜用草木灰。此物含加里與石灰甚富。人稱之為鉀素肥，其成分視植物之老幼，種類，部分，及產地 (土壤) 之不同而大異。茲舉彭蒙元氏所舉之草木灰平均成分如下：

類別	H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
草灰	8.10	2.10	4.50	38.00
闊葉樹灰	5.00	3.50	1.00	30.00
針葉樹灰	5.00	3.50	6.00	35.00

草木灰之加蓋多為水溶性，其効甚速，惟與燃燒之程度及溫度有關。燃燒完全者，肥効小。故燃燒農場廢棄物時，宜限制空氣之流通，或注以適量之水，以緩和其作用。草木灰所含之營養素雖較少，但色暗，可增地濕。單獨施用草木灰時，須注意流失之危險。與糞混用，有願失氮氣之危險，與過磷酸石灰混合，使磷酸變為不溶性，故宜分別施用。農場之糞草萬不得已，勿以燃燒，宜以製成腐植質肥料為最上策。

此外，吾國沿海農民習用魚肥。此物含氮磷兩要素。其成分視魚類之不同而大異。他如骨粉、骨灰、糟粕、浮游物、海鳥糞等等，吾國農民均用之。

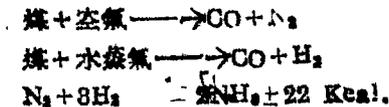
吾國農民所用肥料，種類之多，不可殫述。其保存管理與施用之法，常有可取者。僅有待於改良之室亦甚多。吾人應就各當地之農民施肥情形加以詳細之調查及研究，而謀其改良之策也（參閱徐田鍾著，補作第五章，中華書局，頁二十六）。

第二節 化學肥料之製造法，成分與性質

化學肥料者，應用化學方法製造之肥料也。按其所含肥料要素，可分為五類：氮素肥料，磷素肥料，鉀素肥料，石灰肥料，與混合肥料。混合肥料者，含二種或二種以上肥料要素之化學肥料也。

第一目：氮素肥料 化學肥料首為世人大量利用者為智利硝（Chilean-Peter）。智利硝之礦發現於一千八百二十五年。原礦物極為不純，含15—70% NaNO_3 。大量氯化鈉與硫酸鹽，小量氯化鉀，硝酸鉀，氯磺酸，過氯酸鹽，與微量碘酸鈉（ NaIO_3 ）。經復行結晶法處理之後，含95—98% NaNO_3 （相當於15.5—15.7%N），小量氯化鈉，微量之 KClO_3 ，與過氯酸鹽。後者對植物有害，其含量不可超0.5%。

上次大戰之前，德人已利用Haber-Bosch之方法利用空中氮氣製造氮。大戰爆發之後，此項工業大行發達。其製造法之反應式如下：



製得之氮先氧化為NO，次氧化為 NO_2 ，吸收於水，便成硝酸。將中和以碳酸鈉，即成硝酸鈉。由此法製成之產物較為純粹，含 NaNO_3 99%（相當於16.8%N），不含過氯酸鹽。

天然智利硝有黃綠、灰白、粉紅色。人工製造者多為白色。吸濕性大，易為他種鹽類。現有者有鹽化狀態，吸濕性較小。

硝化鈉易溶解於水，故易為植物所吸收，亦易流失。宜施於雨量過多之地方，如蔬菜，並作為他種作物之追肥。不宜於水澆。不可施於沙土，恐易流失也。用之時，須作數次。

硝化鈣或硝酸鹽(Kalksalpeter)。挪威人Bir teland與Hyde 兩氏於1908年於挪威Notodden 城創一工廠，利用渣熱電力，產生2000°C溫度，將空氣中氮分子變為氮氣原子，與氧化合為NO₂。

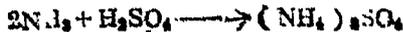


後再氧化為NO₂，吸收於水，成為硝酸，中和以消石灰或碳酸鈣後變為硝酸鈣，亦稱硝酸鹽(Norgalsalpeter)，含N約18%。

德人用Haber-Bosch氏法製得硝酸後，中和以石灰，亦得硝酸鈣。其製造法上之原因，尚混以少許硝酸鈣，故其產物含約15.5%N，其中14.75%在硝酸鈣，0.75%在氮鹽，此外尚含約28%CaO。

硝酸鈣含石灰，可改良土性。吸濕性極大，常貯於特製之罐中以保，係白色粒狀之肥料。其他性質與硝酸鈉相若，其用法亦相若，不可與過磷酸石灰混合，恐其減少磷之溶解度也。

硫酸銨(Ammonsulfat)。此係前在我國行銷最廣之化學肥料。上次大戰之前，此種肥料係蒸餾煤炭工業之副產物。上次大戰時，Haber-Bosch氏固定空中氮氣方法發達之後，其價大賤，推銷甚廣。現亦有廠家通水蒸氣於氮化土鈣(Calciumcyanamid)，又稱石灰氮素(Kalkstickstoff)，生成氮，吸收於硫酸以製造之者。其反應式如下。



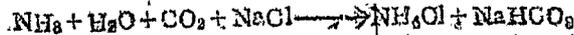
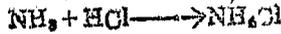
硫酸銨尚有利用洛那法(Löunaprozess)製造之者。其法係以氮與硫酸鈣(Anhydrit)化合。



純粹之硫酸銨係白色結晶，含N21.2%。惟普通用為肥料者均為不純，含20.6—20.8%N。色亦灰，黑，紅，黃，藍不等。有含氰化物(Cyanid)或含氮氧化物(Rhodand)者，對植物有害。亦有吸濕性，但通風不如硝化久藏之後，常成塊狀。

硫酸銨效速，但較硝銨為肥料鈣質，易為土壤吸收，係半強性之肥料，因其所含之氮為植物吸收之後，還留硫酸於土壤。現歐西各國均少用之。此物對於水稻最為適宜，故在我國仍為重要，不可與硝銨肥料，如石灰氮素，草木灰等混合施用，否則頗有過失之虞。

氯化銨 (Ammonchlorid) 這屬於鹽酸或食鹽，即可得氯化銨：



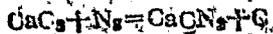
氯化銨係白色晶體。含14%N。含氯甚多，故人少用之。

硝酸銨 (Ammonsalpeter) 肥料工業家曾研究製造含營養素甚富，含剩餘物甚少，含鈣甚高之肥料。硝酸銨之製造法係中和硝酸以氨。此物含85%N，適合前述之首二條件，惟有吸濕性，強大之吸濕性，硬化性，故不適於單用為肥料。德人以之與硫酸銨相結合，成一複鹽。

$2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 含26%N，其中 $\frac{3}{4}$ 係氮素， $\frac{1}{4}$ 係硫素，故其效速甚優。此類肥料名曰 Ammonsulfatsalpeter，亦稱洛那雷 (Leuna-salpeter)。Kalkammonsalpeter 者，係德人以硝酸銨與碳酸石灰混合而成之複鹽，作粒狀，易於施用。染以綠色，以資鑑別，含20.5%N，約半為硝酸鹽，半為氮素，又含38%碳酸石灰。此二者為德國之銷路，激增不已。此外，德人尚以氯化鉀與硝酸銨相結合，得一產物，名曰 Kaliammonsalpeter。產中原有物已互相作用，變為硝酸鉀與氯化銨。含16%N，其氮素與硝酸鹽各半，又含28%K₂O。

英人以硝酸銨與白堊 (Chalk) 結合，成爲粉狀物，名曰 Nitrochalk。粉分二種，一含N15.5%，白堊52%，專供輸往他國。一含N10%，白堊36%，專供其國內用。其所含之氮在氮素與硝酸鹽各半，亦有吸濕性。

氰基化鈣 (Calciumcyanamid) 或石灰氮素 (Kalkstickstoff)。1898年德人Rothe，其引用 A. R. Frank 與 N. Caro 兩氏所發明之方法，利用電力，製造石灰氮素。其反應式如下：



碳化石灰 石灰氮素

石灰氮素原爲白色。市場上所售，用作肥料者係黑色，因內含碳，未除盡。施用此物時，粉末飛揚過甚。廠家有加1.5-3%油於其中，改良之。含20.5-21.5%N，50-55%CaO，約10%自由碳素及少許其他不純物，

如氧化鐵，氧化鋁，氧化矽等。

施於土壤之後，即起以下之變化：

- (1) $2\text{Ca}(\text{CN})_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCN})_2$
- (2) $\text{Ca}(\text{HCN})_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{CN}_2$
- (3) $\text{C} \cdot \text{N} \cdot \text{N} \cdot \text{H}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- (4) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

碳酸銨

氰化物係毒物，故以上變化，前二步係屬化學變化。第四步始由微生物執行之。碳酸銨及其硝化所成之硝酸銨即可為植物所利用。施用石灰氮應在播種前二星期，最少一星期，俾其變化可得完全。土中必須有充足水份及吸收質物以吸收鈣，則其變化始能順利進行。在過濕之土，微生物不能活動，有礙植物之變化。在極適宜之環境，此物在三四日內即可變化完全。

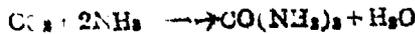
他人向吾加10%硝酸鈣於其中，使其變為粒狀，以免撒用時飛揚過重，名曰石灰氮素球 (Perikalkstickstoff)，銷路日廣。

石灰氮素含石灰甚多，可改良土壤。任何土壤，皆適用之。除雜草與害蟲，此係他種肥料所無之性質。惟毒性甚大，施用之時，大須蒙面具，穿橡皮衣，以防中毒。施用之後，須離牲畜近前。一二星期後，毒性乃失。雖然如此，農民喜用之者日衆，一極可希望之肥料也。

石灰氮素可用作基肥，亦可用作追肥。施用之時，慎勿使其與潮濕或積水之植物接觸，否則變為黃色。若受害不烈，數日之後又可復原。

石灰氮素有吸濕性。貯存之時，須封閉嚴密。否則，潮濕之後，易致變質之損失。酸性甚強，故不可與吸濕性強之肥料或含氯之肥料，混合撒用。

尿素 (Harnstoff)。此物之製法係置二分子液體氮與一分子液體二氯化碳於高壓罐，先變為 $\text{Aminomonkarbaminat}$, $\text{NH}_2\text{CO} \cdot \text{NH}_2$ 及加壓力至 100 氣壓，加溫度至 150° ，乃脫水變為尿素。其反應式如下：



此物色白，含46.6%N。其優點在於含氮多，無剩餘物，便於運輸。其劣點在於施用較少，撒施不甚均勻，且價格較高。

英國人以之與硝酸鈣混合，所得產物，名曰Calurea。含84.6%氮素。因其硝化速度與吸濕性俱可，故其效較速較佳。

(二) 磷素肥料。過磷酸石灰 (Superphosphat) 係化學磷肥中之最

重要者。其原料係含磷礦石，通稱磷礦石(Phosphate Rock)。磷礦石又可分為礦物質磷礦石(Mineral Phosphate)及岩石質磷礦石(Rock Phosphate)，前者有一定之構造，物理性質與化學性質，如磷灰石(Apatite)，磷灰土(Phosphorite)及含磷鐵礦(Vivanite)等是。後者無一定構造與成分，如瘤狀磷石(Nodule Phosphate)，海鳥糞(Guano)，糞化磷石(Coprolite)等。

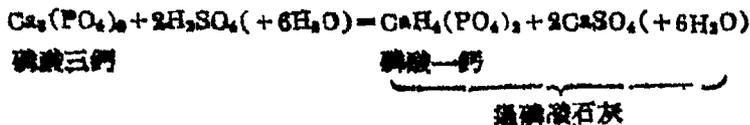
全世界磷礦石藏量以北美為最富，北非次之，蘇聯更次之，其餘則散於各處。其總藏量約為18,867,000,000公噸。全世界磷礦石之出產量則以北非為最多，北美次之，歐洲又次之。非洲以 Morocco 及 Tunis 之生產為大宗。北美以美國，歐洲以蘇聯之產量為最大。全世界磷礦石產量每年約為11,000,000公噸。言品質，則以海洋所產者為最佳，美稍次之，非洲產品又次之。蘇聯產品最劣。

我國貴南省亦有磷礦石之蘊藏。初發現於昆陽中邑村，繼在滇池附近均有發現。此乃我國農業之福祥也。茲將各地蘊藏量及其成分列表如下：

產地	P ₂ O ₅ %	磷礦石藏量(公噸)
昆明大龍潭	15.58—32.55	1,470,000—2,350,000
昆明小官營		405,000—1,098,000
昆陽中邑村		6,838,250—7,106,250
呈貢鷄叫山		1,965,180—3,441,180
貴江東山		1,556,250
共		12,229,680—14,551,680

我國海州亦產磷礦石，西沙羣島亦產海鳥糞，其量與質均不如雲南所產者。

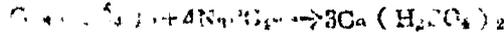
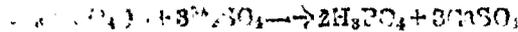
製造過磷酸石灰之法係以硫酸加於磷礦石，使後者所含之不溶性磷酸鹽轉變為溶解性之磷酸一鈣。其反應式如下：



過磷酸石灰係白色或茶黑色粉狀物。有吸濕性，貯藏日久，變為塊狀。

含水溶性 P_2O_5 16--21%，尚含少許溶於檸檬酸液之磷酸。過磷酸石灰係效力最速之磷肥。砂土除外，一切植物，一切土壤，均可以用。施於土壤鹼性土，漸漸而變為溶解性甚小之磷酸二鈣， $CaHPO_4$ 及磷酸三鈣 $Ca_3(PO_4)_2$ 。在酸性土壤中，則變為難溶解之磷酸鋁 $AlPO_4$ 與磷酸鐵， $FePO_4$ 。過磷酸石灰不可與石灰或含石灰之肥料混合。

重過磷酸石灰 (Doppelsuperphosphat)。其製造法係加過量之稀硫酸於磷礦粉末，以除去硫酸鈣。後以磷礦加於純良之磷酸石粉即得。其反應式如下：



此種磷肥含有 60% 水溶性磷酸。價格甚貴，但便於運輸。含少量磷酸鈣，含有少量硫酸。

重過磷酸石灰 (Doppelsuperphosphat) 或鹼性爐渣 (basische Schlacke)。此種磷肥係由爐渣所製。爐渣係磷、煤製不潔。1879年英人 Thomas 及 Gilchrist 將其製成一種爐渣。燒後，將爐渣中磷酸鈣入於爐渣。冷後碎之，即成重過磷酸石灰。其生成原理，化學都造，與性質均未完全明瞭。

馬斯磷肥 (Marsphosphat)。其成分則因鐵渣及石灰用量而異。其成分含磷約 15% 以上，其中有 4--18% 能溶於 2% 檸檬酸。此外，尚含 45--55% CaO 。

此種磷肥，宜於石灰質土，不宜於粘重之土。宜於生長期甚長及發效力甚速之植物。其用處宜於過磷酸石灰為多，因其肥效較速也。馬斯磷肥係效力最久之磷肥。

雷德磷肥 (Rhodaphosphat)。上次大戰德人利用礬岩 (Rhodolith) 粉，經鈉及硫酸鈉加於比國磷礦石粉燒之，所得產物，用作磷肥。上次大戰以後，又利用含鉛及錳甚多，不適於製造過磷酸石灰之磷礦石以製之，名曰雷德磷肥。其主要成分為 $CaNaPO_4$ 亦含磷約佔全量百分之二十七。其溶解性極低，僅能溶於 2% 檸檬酸溶液，此外又含 CaO 12%， MgO 12%， Fe_2O_3 8%。其效用在過磷酸石灰與馬斯磷肥之中，故能適宜於任何土壤及植物，亦可與含鈣或鐵之肥料混合。

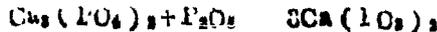
沉澱磷酸石灰 (Kaliphosphat)。製骨膠時，加稀硫酸於骨碎。數日之後，骨中磷酸及其他鹽質甚全行溶解。加以石灰水，磷酸二石灰， Ca_2H_2P

O₂即沉澱而出。此物含85%溶於檸檬酸法溶液之磷酸及82%CaO。肥效雖較過磷酸石灰稍遜，仍頗良佳。此物亦可用作飼料。

脫膠骨粉 (entleimtes Knochenmehl) • 以汽油抽去骨中脂肪之後，雜質質碎，研為細末，是為「未脫膠骨粉」(“nicht entleimtes Knochenmehl”)，含4-5%N，其氮與磷均易被植物所吸收。如再以並硫酸處理此骨粉，用水蒸氣加壓力至二氣壓，蒸美約二小時，骨膠完全溶解於水中。將細屑之骨碎，即為脫膠骨粉。此物含0.5-1%N與80-85%P₂O₅。後者多能溶於檸檬酸鐵液，其肥效與湯馬斯磷肥相若。

骨灰與骨灰不能溶於檸檬液，其肥效甚小，與磷礦石相若。

玻璃磷 (Glas Phosphat)，此係美國 Tennessee Valley Authority 工廠之出品。其製造法可用以下之反應式代表之：



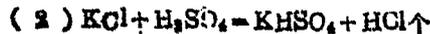
此物含磷較優 (meta-Phosphat)，係棕色晶體，狀如着色玻璃。其磷含量約60-70%。肥效率甚高。此係一新肥料，用之者尚不普遍。

三、鉀素肥料。鉀素肥料之主要原料為鉀礦石。世界各國產鉀礦石最多者為德國，稱田斯他斯佛特鹽 (Staassfurter Salz)。美國，西班牙，波蘭等亦產之，其量不多耳。

鉀光石 (Kainit, MgSO₄·KCl·8H₂O) • 鉀光鹽係鉀礦石之一種。其純粹者為無色結晶。普通商品概為灰色或混有黃赤色物。含K₂O 12-15%，成分較低，運於遠處，不甚經濟，故多用於其國內。又含食鹽甚多，品質較遜。

氯化鉀 (Kaliumchlorid) • 氯化鉀按加里含量之不同，可分數種：有含20-22%，30-32%，40-42%，與52-58%K₂O者。其製造法係用鉀礦石加以分次結晶始成，或以高成分之礦石與低成分之礦石混合而得，亦有自礦中開出，即具上述成分者。含氮甚多，不可施於洋薯，菸草等。

硫酸鉀 (Kaliumsulfat) • 氯化鉀製得之後，以硫酸鐵或硫酸處理之，即得硫酸鉀。其反應式如下：



此物約含加里48%。不含氮，可施於對氮靈敏之作物，如菸草，洋薯等。

硫酸鉀 (Kalimagnesit)。此係製造硫酸鉀之副產物，約含50% K_2SO_4 ，48% $MgSO_4$ (即25-27% K_2O)。凡土壤之硫黃或鏷或須避忌氯化物者，此物最為適宜。

第四目：石灰肥料。炭酸石灰 (Calciumkarbonat) 之分佈甚廣。上等石灰石 (Kalkstein) 及大理石 (Marmor) 約含碳酸石灰百分之九十五至九十八。亦因其所含碳酸石灰量頗不一致。此物效力溫和，宜於輕土。壤土與粘土亦可施用之。

氧化鈣，生石灰 (Calciumoxyd) 與氫氧化鈣，消石灰 (Calciumhydroxyd)。將石灰石煅燒之後，即成生石灰。生石灰加水，即成消石灰。此二物效力均強，可施於壤土及粘土，不可施於沙土。一次不可施用大量，恐其性太烈，俾當滋養之生長，恐使土壤極度乾燥過甚。

石膏 (Gips) (Sulfat, $CaSO_4$)。石膏即硫酸鈣之含水物。上等者含結晶水20%，即含 Ca 10%，又含 S 21%。我國長江沿岸施之於水稻田。其效甚微，故不常用。

第五目：混合肥料 (Mischdünger)。混合肥料者，由數種單純肥料配合而成，其比例係用化學方法製成含有氮、磷、鉀、鈣四要素之二，或二以上之化學肥料。如：蘇打、多、多、多之Kalkamonsalpater，洛那硝，Kaliammonsalpater，Guanosin 等外，茲再述以下數種。

Nitrophoska。此乃德國 I. G. 染料工業公司之產品。含三要素 50% 以上。乃最優良之肥料也。極耐不腐。銷於外洋者，含16.5% N ，16.5% P_2O_5 。製成之肥料，其中又名為普在肥田物。其所含之磷酸全為水溶性。價值昂貴。我國農民不喜用之。

磷肥 (Ammoniaksuperphosphat 與 Ammophos) 以硫酸銨與過磷酸石灰混合。其一部變為磷酸銨與磷酸鈣，並結成硬塊。混合之成分不同，其所含磷物之成分亦不同。德人稱之曰 Ammoniaksuperphosphat，亦有用他種製之者。美國氰化物公司 (American Cyanamid Co.) 之產品，其商名曰安磷粉 (Ammo-Phos)。貯藏時其結塊之弊，並可與其他肥料混合，成任意之成分。無論氣候寒熱乾溼，均極安定，無損失氮之虞。美氏所製者分兩種：

第一種 (Grade A)	N 11.0%	P_2O_5 48%
第二種 (Grade B)	N 16.5%	P_2O_5 20%

磷酸鹽之氮態氮可為土壤所吸收，不易流失。其磷液係與氮化合，故溶解度較過磷酸石灰為大。據陳方濟氏在上海法租界農學會農事試驗場所作之試驗，此物效果甚佳。

硝酸鉀 (Kalium nitrat)。此物含13%N與45%K₂O。不含矽酸物。但價格昂昂，且氮與鉀含量之比例亦不合一般之需要。

第三節 化學肥料之重要性及其必須與腐植質肥料並用之原因

我國農民之引用化學肥料也，始於1904年。粵閩農民倡之於先。蘇浙華中農民繼之於後。終則冀魯等省之農民亦多用之。引用最多之化學肥料為硫酸銨。抗戰之前，我國農民引用硫酸銨之數量有如下列：

年份	硫酸銨之數量(噸)
1925	20,000
1926	40,000
1927	50,000
1928	80,000
1929	100,000
1930	135,000
1931	110,000
1932	140,000
1933	82,000
1934	74,000
1935	92,000

在以上數量之中，廣東用約49%，湖南約23%，浙江江蘇安徽三省約19%，山東，河北，河南，湖北，江西等省約9%。西南西北以及內地諸省之農民尚未試用之也。

我國農民之用化學肥料也，始因其效速且大，故採買者，競相引用，繼有因施用不得其道，農產物之收穫量減少，故停而不用，或停為少，或採棄不用，或繼而設法禁止其入境，而歐戰時農民引用化學肥料者，亦由一極。惟現歐戰農民經其農學家之指示，已採買大量之化學肥料，不特不覺其害，且其收穫物之量與質俱大之增加。

據世界各地農學家之試驗結果，在農作物之管理得法，實有大利。故舉

Gerlach 氏之試驗結果以為例證。Gerlach 氏在德國 Pentkowo 與 Mochein 兩地之良土，中常土壤與輕土上，施用肥料，以作研究，達十二年之久，其結果如下：

施 肥	十二年中收穫之乾物質量 (公噸/公頃)		
	總 量	較未施肥區所得之量	%
Pentkowo 之良土			
1. 未施肥.....	581	—	—
2. 廐肥.....	798	217	37
3. 化學肥料.....	999	418	72
4. 廐肥與化學肥料.....	1074	493	85
5. 較 2. 多得之收穫量	—	276	83
Mochein 之中常土壤			
廐肥.....	526	—	—
廐肥與化學肥料.....	763	237	45
Mochein 之輕土			
廐肥.....	515	—	—
廐肥與化學肥料.....	735	220	43

由上可見，單獨施用化學肥料，某種情形之下，可永久增加農產物之收穫量。若與廐肥並用，其效尤著。

至於施用肥料之利益，則下列表表示之：

施 肥	收入(馬克)	支出(馬克)	利益(馬克)	
			十二年之總數	每年平均
Pentkowo 之良土				
1. 未施肥.....	5596	4560	1036	86
2. 廐肥.....	7245	5580	2225	184

3. 化學肥料.....	9955	5844	4111	348
4. 廐肥與化學肥料...	10398	6844	4049	387
Mocheln之中常土壤				
廐肥.....	5002	5090	-88	-7
廐肥與化學肥料.....	7280	6212	1018	85
Mocheln之輕土				
廐肥.....	4545	5850	-885	-70
廐肥與化學肥料.....	6821	6421	-100	-8

由上可見，土質愈肥，施用肥料之利益愈大。瘠土之上，施用肥料，利益甚薄，並成虧本。施用肥料以廐糞肥料與化學肥料並施者，利益最大。單獨施用化學肥料之利益在本情形之下，較單獨施用廐糞肥料尤大。

德國自上次大戰之前，已開始大量施用化學肥料，大戰之後，用量更激增不已。可於以下第一表中見之。其因改良農業技術增用化學肥料，每單位面積麥田之收穫量隨之增加之情形，則可於第二表中見之：

第一表 德國近數十年來消耗化學肥料之數量
(不計奧國)

施肥年份	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	石灰(生石灰 與磷酸石灰)
1918/14	185 000t	555 000t	490 000t	8500 000t
1928/29	430 000t	581 000t	764 000t	1921 000t
1931/32	326 000t	395 000t	560 000t	1376 000t
1932/33	351 000t	399 000t	618 000t	1548 000t
1933/34	363 000t	461 000t	718 000t	1788 000t
1935/36	490 100t	636 100t	656 900t	1718 400t
1936/37	570 100t	630 300t	656 900t	1613 800t
1937/38	632 200t	690 300t	1156 200t	2010 200t

第二表 德國每公頃農田收穫量增加之情況
(公擔/公頃)

	1880/84	1909/11	1920/22	1986	1987	1988
黑麥.....	9.5	18.2	18.8	16.4	16.6	20.2
小麥.....	12.7	21.4	17.6	21.2	22.6	27.4
洋薯.....	79.2	187.0	120.6	165.9	191.5	175.9

以上係就德國一國而言，改良農業技術，增用化學肥料之後，農產即隨之大增。今試將各國每公頃農田所施用之肥料元素之量與其作物之產量並列於下以觀之。各國之作物品種，氣候，土壤等等縱不相同，而多施肥料者，其農作物之產量亦大，因果顯明，不庸置疑。荷蘭，比利時等國之農民施用肥料最多，其每單位面積之農田產量最大。我國及印度等國農民少用化學肥料，肥料來源有限，施用不多，故每單位面積之農田產量亦最少。

綜上觀之，施用化學肥料係增加產量有效之方法之一。吾人如圖振興農業，鞏固國本，必須毫無顧慮引用大量之化學肥料也。

人類開化之初，一有農業，即知施肥。當時所用者皆有機質肥料，化學肥料之施用，百餘年來之事耳。惟其用量日增，效果顯著。製造所用之原料，無處匱乏。有機質肥料量大且重，運搬施用，俱不方便。且其來源有限，不能多得以應生產大量農產物之需要。故常有人舉問，化學肥料是否可取有機質肥料之位置而代之。農田之中，可否專用化學肥料，不用有機質肥料。吾人對於此問題之答案係否定的，茲詳論其故如下：

化學肥料不含細菌及其他生物，亦不含能供細菌營養所用之有機質。土壤細菌係無葉綠素之生物，需含碳之有機營養物。如農田之中專施化學肥料，不加其他有機物，則土壤中腐植質之量，年少一年，終則不僅貧於氮素，亦貧於碳素，細菌有缺乏營養物之患矣。土壤愈乾，溫度愈高，冬季愈溫暖，夏季愈長久，則此種現象愈速於顯著。寒帶之情形迥異於熱帶，不可同日而語也。土壤原有之腐植質量愈多，則其能耐施用純粹之化學肥料時即亦愈長久。土壤中之細菌營養物既告匱乏，細菌之活動即呈衰微，氮之變化大受阻滯，農作物之生長受其影響，收穫量亦行低降。此種作用之發生，非突然而來，乃由漸而著。

H. L. S. 氏農事試驗場付連續種植黑麥，Kothamstedt 農事試驗場曾連續種植小麥、大麥、洋薯，Ohio 省農事試驗場曾連續種植玉米及燕

各國每公頃農田所施之肥料要素與其作物產量之關係表

國別	一九三八年每公頃農田所施用之肥料要素 (公斤)										一九三八年每公頃作物之產量 (公擔)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	小麥	燕麥	大麥	玉米	稻米	馬鈴薯	甘蔗	茶類 (公斤/公畝)	豆類	油菜籽		
德國	18.9	16.7	26.2	27.4	20.2	25.4	27.3	—	—	—	—	—			
荷蘭	26.8	52.2	41.4	24.4	22.7	32.5	—	—	—	—	—	—			
比利時	19.2	84.5	20.5	31.5	25.0	28.8	—	—	—	—	—	—			
日本	19.2	18.8	—	17.1	—	18.2	16.7 (1927)	33.2 (1927)	131.8 (1927)	506.6	1707.9	10.5			
丹麥	8.7	20.2	5.5	85.1	19.5	34.2	—	—	—	—	—	—			
捷克	4.3	8.5	—	20.2	18.8	20.1	22.3	—	—	—	—	—			
法國	4.0	14.2	3.0	18.6	12.9	17.0	17.0	—	—	—	—	—			
意大利	3.8	12.3	—	16.1	13.3	12.4	19.5	55.1	63.2	—	—	—			
瑞士	3.6	9.0	—	20.2	23.5	21.0	29.5	—	162.9	—	—	—			
美國	2.1	5.6	2.2	8.9	8.7	12.9	17.4	24.7	72.6	510.0	1028.2	10.2			
中國	—	—	—	10.0 (1937)	—	10.2 (1937)	18.2 (1937)	26.5 (1937)	66.7 (1937)	106.0 (1937)	1161.5 (1937)	7.2 (1937)			
印度	—	—	—	7.2	—	8.2 (1935)	8.0 (1935)	14.5	—	—	—	—			

資料來源：各國農林部

家，並施化學肥料而作研究。茲將其每十年平均之結果誌之於下：

期數(每 期十年)	連續種植黑麥		連續種植小麥		連續種植大麥	
	NPK	不施肥	NPK	不施肥	NPK	不施肥
	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃
	籽實+莖葉		籽實		籽實	
I	80.2	22.8	(1)	(1)	24.8	12.1
II	29.1	18.7	18.3	10.7	25.0	9.4
III	25.9	15.6	17.3	9.7	22.1	7.4
IV	21.3	12.8	12.3	7.0	21.9	6.8
V	23.4	10.7	16.5	3.5	19.5	5.4
VI	—	—	15.5	2.2	20.7	5.0
VII	—	—	14.3	7.8	17.6	5.9(2)
VIII	—	—	11.2	6.1	15.2(3)	4.1(3)
IX	—	—	6.3	2.2	—	—

(1) 未設施用完全肥料者，故無從比較。

(2) 1912年並田行蔥田制，故收穫量增加。

(3) 係係9年平均之結果。

期數(每 期十年)	連續種植黑麥		連續種植玉米		連續種植洋蔥	
	NPK	未施肥	NPK	未施肥	NPK	未施肥
	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃	公擔/公頃
	籽實		籽實		塊莖	
I	16.9	9.5	23.4	13.4	172.4	53.4
II	15.2	7.6	22.8	4.4	192.8	50.0
III	15.5	6.5	29.9	4.5	164.6	25.4
IV	—	—	—	—	123.7	24.6
V	—	—	—	—	22.3	17.0

由以上之結果，可見專用化學肥料不能維持土壤之肥沃性，其生產力遲早總有下降之一貫。其原因固多，細菌缺乏碳素營養物，其中之一也。專用化學肥料，雖有不添加細菌於土壤之事實，但不嚴重，因土壤細菌常隨季候而增減。其速度甚大，數日之中，可增三五倍。如有充分碳素營養物，不必添加細菌於土壤，土壤中原有之細菌即自行繁殖而大行增多也。

化學肥料之影響細菌，尚有其他方式。化學肥料向非純粹之 N 、 P_2O_5 或 K_2O ，而為其與其他元素化合而成之鹽類。如所加之植物營養素係在鹼基狀態，則必係與一酸結合，如所加之植物營養素係在酸基狀態，則必係與一鹼基結合而成一鹽。故化學肥料有生理鹼性與生理酸性之別。在前者，當營養素被植物吸收之後，餘一酸於土中，在後者，則餘一鹼。兩者之中，尚有生理中性之肥料，如硝酸銨，硝酸鉀，磷酸二銨，其酸基與鹼基俱能被植物所吸收。硫酸銨含80%剩餘物，智利硝含85%剩餘物。鉀礬石 (Carnallite, Sylvinit, Kainit) 等含10—12% K_2O 含剩餘物甚多，經重複行結晶之後，即得含40—48—50% K_2O 之鉀質肥料。昔日含15—20%氮素之肥料，現在歐洲已為含氮素26%之洛那硝所替代。尿素則含有46%之氮素。至於含數種營養素之 Nitrophoska 類肥料，則含52.5%營養素。硝酸鉀含60.4%， K_2CO_3 含4.4%， K_2SO_4 含55.5% 營養素。肥料中無用之組成物漸乃減除矣。

吾人設於每市畝施八斤硫酸銨狀態之氮，六斤過磷酸石灰狀態之水溶性磷酸與十六斤氯化鉀狀態之加里，則已同時加五十四斤酸性剩餘物於土中。此種酸性剩餘物，不能為土壤所吸收，一部份隨排水流失，一部份滲水份在土中之移動而變換位置，永留土中，並使氫離子之濃度，年增一年，土壤之性質，每况愈劣矣。對此變化最為靈敏者，厥為微生物。真菌及酸性培養基，因之大受影響。惟其菌對於農業並無裨益。對農業有益之細菌係中性及弱鹼性培養基者，其繁殖與工作大受抑制矣。

土壤中之氫離子之增多能減弱土壤對 N 、 P 與 K 之吸收能力，致吾人施用肥料時，常使土壤所含之濃度增加過甚，影響植物之生長。Hillkowitz 氏曾用不同濃度之鹽酸處理土壤，並檢定其對 N 、 P 與 K 之吸收力，得結果如下：

每一百公分土壤所吸收之 N, P 與 K 量 (公噸)

土壤號數	1	2	3	4	5
酸之濃度	n/10	n/25	n/50	n/100	無酸
土壤之 PH 值	4.27	5.27	5.96	6.69	6.60
自 NH ₄ G 所吸收之 N	37.00	45.00	52.00	60.00	67.00
自 (NH ₄) ₂ SO ₄ 所吸收之 N	54.00	67.00	68.00	84.00	86.00
自 (NH ₄) ₂ HPO ₄ 所吸收之 N	113.20	146.40	184.80	121.20	166.60
自 (NH ₄) ₂ HPO ₄ 吸收之 P ₂ O ₅	32.00	148.00	162.00	154.00	286.00
自 KCl 所吸收之 K	111.00	130.40	174.80	190.50	200.20

土壤之吸收力至為重要。吾人將來製成肥料，不但須使其不傷害土壤之吸收力，且能增強之，如後理想。

土壤反應對農作物及雜草，影響亦鉅。洋薯、燕麥、黑麥與水稻在弱酸性土壤亦能良好生長，並達最大之收穫量。大麥，則與小麥則非在弱酸性土壤不能適性生長，並達最大之收穫量也。不但作物之種類不同，其對土壤反應之靈敏性不同。同一作物，其品種不同，其對土壤反應之需求亦，同。

Arrhenius 氏曾試驗得，在瑞典各燕麥品種中，有能耐弱酸性土壤以成者，有非在鹼性土壤不能達其最大收穫量者：

Fyris 燕麥在 7.8-7.9 PH,

Dala 燕麥在 5.5-5.9 PH,

Goldregen 燕麥在 5.0-5.9 PH

Klock 燕麥在 4.7-5.5 PH.

專用化學肥料對土壤之影響，至為複雜。其起始中，非人力所能容得。開時既久，漸漸顯著，終至阻礙植物之正常生長。吾人若常將生理鹼性與生理酸性肥料更換施用，則可延緩其為害。若常同時施以石灰，則收益尤大。英人在 Woburn 城所作之試驗可以證實之。

大麥田間試驗之結果，Stackyardfield, Woburn

區組號數	施肥法	每十年之每年平均產量 (公擔/公頃)				
		1877-86	1887-96	1897-1906	1907-16	1917-26

特實產量

5a	2NH ₃ + PKNaMg	28.1	18.9	8.8	1.6	2.6
5b	2NH ₃ + PKNaMg + 每公頃50公擔石灰 (計兩次, 1897 年十二月與1912年 十二月)	—	—	18.2	10.9	7.2
2a	2NH ₃	21.2	14.9	2.6	0.2	0.8
2b	2NH ₃ + 每公頃 50 公擔石灰(計兩次, 1897年十二月, 與 1912年十二月)	—	—	11.4	7.7	4.7

獲得產量

7a	2NH ₃ + PKNaMg	32.8	23.6	6.0	4.0	5.8
7b	2NH ₃ + PKNaMg + 每公頃50公擔石 灰(計兩次, 189 年十二月與1912年 十二月)	—	—	21.6	17.4	11.2
2a	2NH ₃	29.0	18.4	4.8	0.5	1.6
2b	2NH ₃ + 每公頃 50 公擔石灰(計兩次, 1897年十二月與 1912年十二月)	—	—	14.7	18.0	9.2

土壤含腐植質之黏土膠體物甚多，專用化學肥料之影響亦較緩。蓋此二物保土壤之有緩衝力之一部緣由。土壤緩衝力者，乃土壤對其反應能與之自然抵抗力也。如吾人每次數十公擔之石灰水加於貧瘠之鹼性沙土，其pH值即均每昇一。如以此法施於腐植質土壤或粘土，則其pH值均勻昇至6.5。由此，可知施石灰，而pH值之昇長甚緩。欲使此類土壤達pH7.5，所需之石灰至多。腐植土壤之緩衝力甚大，因其含膠體物甚富。沙土之緩衝力甚小，因其貧於膠體物也。故施用鹼性肥料於富於腐植質土壤及粘土，其害較沙土為緩。在沙土上，施用鹼性肥料，而不附施石灰，其弊至大。在此種土壤上，施用石灰，亦須謹慎從事，施量亦少，次數宜多，不然，則土壤反應有變為過於鹼

性之虞，亦有害於植物之生長。

土壤愈偏酸性，氮肥之效力愈微。此又為吾人所不可不注意者也。茲將 Elshinger 氏之試驗結果於下：

土壤酸、氮之效力之影響

交換性酸量 (公撮)	因施用氮肥所多得之產量	
	燕麥(公擔/公頃)	燕麥(公擔/公頃)
0.0	9.02	5.68
0.1—1.0	7.68	6.86
1.1—2.0	7.24	5.46
2.1—3.0	6.80	5.44
超 3.0	0.48	3.82

如上壤為中性或酸性，則化學肥料與土壤之石灰含量無可關係。如土壤轉酸，則化學肥料之效力減退，此時，化學肥料之肥效與施用石灰關係甚為密切。土壤之石灰含量愈少，更宜作物之栽培愈勤，及因之而起之石灰之消耗愈多，則連續施用化學肥料之弊害亦愈易於顯著，尤以沙土為然。

另一方面言之，化學肥料對土壤之構造影響甚速。歐美農民常施用硝酸鈉於甜菜。如甜菜係種植於重土，則土壤乾時，常至緊實，濕時常泥濘不堪。植物之細根不得自由伸展。土壤水分與空氣不易流通。

第四節 氮肥之施用法

肥料要素之中，氮最重要。一切作物，青料作物除外，莫不皆需氮肥。吾人稱肥料要素為氮，磷，鉀，鈣者，按其重要性之次序而排列也。肥料名 Nitropho ka 與 Am-Sup-Ka 者，亦因此也。

施用氮肥，極為重要，其原因有五：一，因一般土壤含氮俱極少。根據 Mitscherlich 氏之研究，德國土壤需施氮肥者達百分之九十以上。根據彼氏之研究，吾國土壤所需要之肥料要素，亦以氮居首，磷次之，鉀更次之。二，植物所需之氮量約倍於磷量，而少於加里。但普通土壤含氮者多屬豐富，可無須多施也。三，因農土之中氮之損失最易亦最多。氮能為土壤所固定。磷酸鹽則易隨雨水流失，而磷酸鹽又恰為植物所最需要之狀態。如上中

氣求趨於硝化之時期，不為植物吸收氮素；春之時期，則硝酸鹽不為植物所吸收，隨水而去。在乾旱區域，或乾旱年份，或當水力蓄積之土壤中，氮多移動於植物根穿佈之 i 層中，而不施去，因雨水亦在彼處為土壤所吸蓄住也。在雨水豐富之區域中，雨水易將土中氮素洗失，使植物不克利用之。

土中水份蒸發時，其所含之帶電氣易隨之逸去。在乾燥區域及吸收力甚小之土壤，此種損失，必頗可觀。當土中氮素，變為植物體中氮素，後者又變為人與畜之排泄物；氮素後，損失至易。如農場常出畜牲畜，乳類等含氮豐富之農產物，其所需之氮肥亦至多。

化學肥料之氮素較廐肥之氮素之被利用率為大。以德國情形言，前者之被利用率約為50%，後者僅25—30%。廐肥之氮素效力遲緩，為一年被利用之量約當被利用之總氮量之50%，第二年約為25%，第三年約為10%。故第一年被利用之廐肥氮素僅約佔全量之15%。化學肥料之氮素之效力在第一年即發揮完盡，故其第一年之被利用率約三倍於廐肥之氮素。吾人現尚不能以施肥之方式，將大量之氮素藏於土壤，而須年年補充之。

德國學者嘗舉行極多試驗，測定化學肥料氮素之增產值 (Erzeugungswert)。氮素之增產值者，每一公斤氮素所能增加之植物產量也。德國學者所舉行之極多試驗所得之平均結果，一公斤氮素在德國約可增加十八公斤穀實。

此值受氣候之影響而變異。據多年試驗之結果，此值在
 明興城附近之 Neu rling (南德) 為22公斤穀實
 Halle附近之 Lauchstau (中德) 為19公斤穀實
 Brandenburg省 (北德) 為15公斤穀實
 東普魯士省 (其地較北德為寒) 為14公斤穀實
 丹麥 為14公斤穀實
 德國全國之平均值 為18公斤穀實

在理論上言，此值在植物不能生長之區，如南北極及高山保等處零。愈蘇亦道，此值愈大。當然，此種理論之切合與否，係視支配植物生長之其他因子之有利程度而定。比較之時，須選同一作物。極細之小麥不能與大麥之水稻相比較也。

土壤之含氮量愈小，此值愈大。所加之氮肥愈多，此值愈小。根據 Not e 氏，種植洋薯時，每公頃施用200公担廐肥，種植飼料蔬菜時，每公頃施用200公担廐肥，此值最大。茲列 Nolte 氏多年試驗所得之結果如下：

腐肥加用量 (公擔/公頃)	一公斤N所增之 實產量 (公斤)	試驗次數	一公斤N所增之飼 料蔬菜產量(公斤)	試驗次數
不施腐肥	90	18	—	—
100—150	91	9	} 208	7
150—200	114	26		
200—300	97	46		
300—400	88	22		
超400	68	8		
施用腐肥之 普通蔬菜	108	128	218	48
施用綠肥	85	17	182	8

根據 Nolte 氏十二年試驗所得之結果，每公斤氮素在德國所增加之作物產量如下：

黑麥=15.6公斤籽實(209次試驗)

小麥=11.5公斤籽實(61次試驗)

大麥=14.4公斤籽實(28次試驗)

燕麥=17.8公斤籽實(109次試驗)

洋麥=1.00公斤籽實(160次試驗)

甜菜=100公斤籽實(21次試驗)

飼料蔬菜=246公斤(58次試驗)

當然，吾人選擇肥料之種類，肥料之數量，施肥時期俱作適當時，方能得此結果。

據我國各地之試驗，施用十五斤硫酸銨於每畝水稻田，約可增得四十五斤稻米。

施用氮肥使植物消耗土壤水份，更為經濟。Hellriegel, Liebscher 及 Seelhorst 諸氏之試驗示穀實作物

不施氮肥時，每生成一公分乾物質，平均消耗83.6公分水份。

施用四時，每生成一公分乾物質，平均消耗22.7公分水份。

種植洋麥時，此種差別尤大：

不施氮肥時，每生成一公分乾物質，平均消耗87.1公分水份。

施氮肥時，每生成一公分乾物質，平均消耗49.0公分水份。

此節至值吾人之注意。因吾國苦乾區域甚多，且兩水分配又不均勻，在在皆須省用水份。但在此處，吾人須注意者即此項試驗之結果非告吾人，土壤如遇於乾燥，須多施氮肥。結果使作物於生長初期，發育過盛，枝葉繁茂，大耗水份，產量減低，華而不實，事之危險，莫過於此。在富於蓄水力之粘土上種植根莖作物時，施用氮肥，此利始顯。如在沙土，施用氮肥，其最大限之施用量為每市畝四市斤氮素，則在粘土如吾人所種作物之品種係不易倒伏，且土中磷鉀之量俱富，吾人可將氮之施用量增至每市畝八市斤。如係種植根莖作物，其較小之氮肥施用量為每市畝八至十一市斤氮素，則其最大量可達每市畝十三至十六市斤氮素。荷蘭農民種植蔬菜所施用之氮肥，每市畝常超十六市斤氮素。

氮肥能促助植物之生長。其程度非大量磷鉀肥所能達到者。施用大量氮肥常使穀實作物葉大莖弱，易於倒伏。倒伏愈早，產量愈減。故施用氮肥於穀實作物，常以其倒伏為界限。多風多雨之區域，此種界限較乾燥區域為低。早熟之品種，生長較速，莖稈乾弱，易於倒伏。如欲多施氮肥，增加產量，則須培育不易倒伏之品種。故施用氮肥與育種及選種，關係至深。

氮肥對於收穫物之質之影響，亦甚重要。施用氮肥愈多，稻米之容積，剛度，千粒重等俱行減小。氮肥增加穀實作物籽實之含氮量，飼料作物之蛋白質含量，在某種情形下，減少洋薯之澱粉含量與甜菜之糖量。小麥之含氮量若增加，其麵筋含量亦增加。惟氮肥對麵筋之質並無影響，故對麵粉之烤發性亦無影響，是為憾事耳。非如此，則吾人改良小麥之品質至為容易，增加氮肥即可。多用氮肥，常減小麥之千粒重。種植飼料用之大麥可多施氮肥，以增加其蛋白質含量。如種釀造啤酒用之大麥，則須少施氮肥，抑低其蛋白質含量於12%以下。不然，則澱粉含量過低，減少啤酒之產量，且使其混濁不清。

施用大量之氮肥對洋薯之澱粉含量，並無顯著之影響。含氮之氮肥，如氯化銨，始減低洋薯之澱粉含量。大量之氮肥減少甜菜之含糖量。如追肥施用過晚，尤有此弊。

氮肥之種類繁多。吾人可按土壤質地，土壤反應，作物種類等之不同而選用之。

以土壤之質地言，沙土之蓄水力小，吸收營養素力弱，須用難於溶解之氮肥。人糞，畜糞，油餅，魚肥等，吾國農民蓋皆之難於溶解之氮肥也。在低

學肥料中，石灰氮素最宜於沙土。此較緩，難於流失，且為冷性肥料。每畝100斤石灰氮素，其中即含50斤石灰。硝磺磷肥料在此絕不可用，因其流失難免也。硫酸銨亦不可用，因沙土之粉衝力甚小，易變酸味。種植洋蔥，如其牛糞，不用石灰氮素，則可用硫酸銨。沙土之中，常須施用磷鉀肥料，故Nitrophoska至為適宜。粘重之土，以用硝磺磷肥料為上。硝酸磷不為土壤所吸收，施用大量時，須分數次，每次相隔約十四日。第一次施於播種時。人尿亦可施。人糞，畜糞，油餅等均須使其曬幹，十分腐熟之後，方可施用。石灰氮素勿施於上，恐其變化過緩，效力延遲也。壤土之中，一切氮肥均可以用，視植物種類而定之可也。

以土壤之反應言，弱鹼性土壤，任何氮肥均可以用。如在中性土壤，施用酸性肥料，害仍不著，尤以種植能耐酸之作物，如洋蔥，水稻，黑麥，蕎麥時為然。在酸性土壤（PH5.0—5.5），施用酸性肥料於能耐酸之作物，其害已顯，若施於不能耐酸之作物，如小麥，大麥，甜菜，則收穫量大減。Zielstorff氏與Burow氏曾以大麥種植於反應不同之土壤，得結果如下：

施 肥 法	大麥收穫量 (公擔/公頃)					
	土壤PH5.8		土壤PH6.1		土壤PH7.2	
	籽實	莖稈	籽實	莖稈	籽實	莖稈
1. 不施肥	5.18	19.60	25.70	44.00	15.80	40.00
2. 80公斤P ₂ O ₅ +80公斤K ₂ O 應用完全肥料用：	8.10	21.60	24.60	37.60	29.66	38.60
3. 40公斤硫酸銨總氮素	7.30	22.60	31.80	54.10	28.70	48.90
4. 40公斤硝酸鈉總氮素	10.00	26.60	32.10	57.70	32.20	56.90
5. 40公斤石灰氮素總氮素	8.10	28.50	31.80	56.50	24.90	46.60
6. 40公斤尿素總氮素	6.50	29.80	27.00	58.90	27.00	55.90

以作物而言，水稻喜氮總氮素。硫酸銨類之。他如人畜糞，油餅等

亦均良極。洋蔥喜澆性肥料，氮素素種為其所好，可用硫酸銨。氯化銨絕不可用，能減低洋蔥之澱粉含量也。甜菜喜硝酸鈉。甘蔗喜有機性肥料，如腐餅，廐廄等。施用化學氮肥，則其糖量減低，糖汁亦較不純淨。歐美之人不喜以人糞尿施於蔬菜，因其有害蔬菜之氣味，且不斷生。牧草最喜人糞尿之灌漑，其蛋白質含量因之大增。

德人在1915年以前所用之化學氮肥，主要者為智利硝。石灰氮素與硫酸銨均居次要地位。後者在該時尚係蒸餾煤炭之副產物。自空中氮氣製為化學肥料之技發明之後，硫酸銨之用大為普遍。未久，硫酸銨之地區又為硝酸鹽所替代，因前者遺留酸性於土中，較為不宜。現德人所最常用之化學氮肥為硝酸鈉（德人自製），洛那硝，硝酸鈣，Kalkammonsalpeter。自效力遲鈍並兼之Ammonsulfatsalpeter製成之後，喜用之者日衆。或謂其氮素含量較其他肥料為大，未經充份之證明，不能遽斷其果否也。

選擇施用氮肥之時期須以氣候，肥料種類，作物需氮期，土壤等為參考。人畜之糞，油餅等如已腐爛腐熟，可於播種前一二星期施下。如未腐熟，則視氣候之寒熱，土壤之輕重，酌量提早。吾國農民亦曾用此類肥料為追肥者。在此種情形，此類肥料均應腐爛腐熟。施用之時，氣候不可過於寒冷。恐其變化延緩，效力不速，有誤作物之成熟。關於此事，吾人尚應在全國各地多作試驗，以明其究竟。油餅之中，豆餅之效最速。在化學肥料之中，易於溶解，難為土壤所吸收之硝酸鈉，硝酸鉀或硝酸鈣等應於植物需氮時或前不久始可施下，以防流失。難於溶解之石灰氮素可適於植物需氮之前施下，俾其得充份變化，以供植物之取用，其變化之速度有決於土壤之溫度，多秋較緩，春到則速。氮肥能為土壤所吸收，可於播種之前施下。如遇沙土，則宜謹慎。

第五節 磷肥之施用法

土壤之可溶性磷酸含量，差異甚烈。外國如此，我國亦然（參考第四章第一節第二目）。惟檢定土中可溶性磷酸之法甚簡且速（參考第四章第一節第二目）。吾人常可利用之。磷酸在土中不易流失，與氮不同，故在歐洲各國，農民常於播種需磷時多之作物時多施之，其一次所施之量常足以供以後幾季作物之取用。例如，輪牧制為甜菜，大麥，洋蔥或豌豆，小麥，則於播種前施大量磷肥，此後四年可勿須再施矣。此種施法，如遇富於鉀與

雜之土壤，如紅壤，則須考慮，因肥料中極溶性磷酸，在此種土中可變為有用之磷酸鐵與磷酸鋁也。關於此節，吾人尚應作許多試驗以明其究竟。

磷酸在土中雖不易流失，而易由極溶狀態變為非根溶性。磷酸與一價金屬，如鈉與鉀，或二價金屬，如鎂與鈣結合者，可為植物所吸用；與三價之重金屬，如鋁與鐵結合者，不能為植物所吸用。以故吾人施於土壤之磷酸，僅有15%能為植物所吸用。上述所述之磷肥施用法，在貧於鐵與鋁之土壤可以實行新法。土壤含鐵甚少，磷酸之被利用率甚大，而又無虞流失，可以證明之。

種深根作物為綠肥作物，可將下土之磷酸積聚於表土。Prjanischnikof氏示羽扇豆與芥子能吸用其他作物所不能吸用之土壤磷酸。若用此類作物為綠肥，可將土中非根溶性磷酸變為極溶性磷酸。

厩肥磷酸較化學磷肥之磷酸之被利用率為大。厩肥磷酸在第一年之被利用率約為25%，化學磷肥之磷酸約為15%。Schneidewind氏在德國 Lauchstätt 曾作試驗 得結果如下：

	甜菜以大麥為後作	洋薯以小麥為後作
厩肥磷酸	41.9%	82.7%
化學磷肥磷酸	28.2%	14.6%

Schneidewind 氏在 Lauchstätt 所作試驗之平均結果，厩肥磷酸之被利用者約87.8%，化學磷肥磷酸約為18.6%。據 Schulze 氏在德國 Breslau 地所作之試驗之平均結果（每項四年），厩肥磷酸之被利用率為28.7%，化學磷肥磷酸為14.4%。我國各地之情形如何，有待吾人研究者也。

Nolte 氏在德國各地作十二年之試驗，測知每公斤 P_2O_5 可增加。

4.8公斤穀實作物之籽實（140試驗平均）

57.0公斤洋薯（58試驗平均）

128.0公斤飼料甜菜（9試驗平均）

按德國第二次大戰前之情形，一公斤 P_2O_5 之價格較四公斤小麥或五十公斤洋薯為高。施用磷肥，實為無利。我國各地情形若何，有待吾人之探討也。

磷肥不但影響農作物之產量，且影響其品質。磷肥增加小麥之烤發性與千粒重。而啤酒中之大麥當因施用磷肥而得減低其蛋白質含量，千粒重及

野實與蕪菁之比率。

磷肥抑製葉之生長，並延遲植物之成熟期。種田穀實作物，施用磷肥之後，若經不良氣候或病蟲害之影響，恢復容易。植物積存磷之而強健。磷肥可減少作物之倒伏危險，而增進其品質與產量。

吾國農民舊有之磷肥為骨灰，糞灰等。效頗緩。骨灰在西南各省多施於水稻，胡豆，蕎麥，玉米等。化學磷肥中，過磷酸石灰，湯馬斯磷肥，雷爾那磷肥等最為重要。過磷酸石灰之磷酸大部為水溶性者，在土中較易移動，並為植物所採用。其所含之水溶性磷酸一鈣在石灰豐富之土壤中易變為難溶解之磷酸二鈣與磷酸三鈣。在酸性土中，易與鋁及鐵化合物成不溶性之磷酸鋁與磷酸鐵。如土中含鐵等鹽基甚高，施用過磷酸石灰，並不增加土壤酸性。過磷酸石灰不可施於沙土，恐其流失。湯馬斯磷肥與雷爾那磷肥所含之磷酸僅能溶解於檸檬酸，並係酸性肥料。施於沙土，不致流失。

磷在土中難於移動。故施用磷肥，必須使其與表土充分混和，以便植物根之採用。磷肥更須研細，以期增其效力。用不溶性之湯馬斯磷肥與雷爾那磷肥時，尤須注意及之。

磷肥除因作物播種時購買未得，或農工無暇等特殊情形外，不作追肥。以磷肥為追肥時，難以用過磷酸石灰與 Nitrophoska 為上。

第六節 鉀肥之施用法

測定土壤溶性加里含量之法，頗高且速。吾人可利用之（參考第四章第一節第二目）。歐西土壤含加里之量較含氮磷之量為豐。我國亦然（參考第四章第一節第二目）。普通言之，沙土需鉀肥最多。粘土之吸收力強大，能堅吸加里，阻止其為作物所利用，常亦需施用鉀肥。洋薯係需加里最多之作物，在歐西各國，多種於質輕之土壤，需施大量鉀肥。土壤雖能吸收加里，其力不大。加里每年隨雨水滲濾流失之量，頗為可觀。故施用加里，不如施用磷肥之一次可用大量也。雨量愈大，土壤質地愈輕，吸收力愈弱者，加里流失之量亦愈大。

需加里最多之作物為甘藷，菸草，大麥，洋薯，蠶豆，紫苜蓿等。栽培此類作物時均須注意鉀肥。

表肥加里之被利用率較化學鉀肥之加里為大。Schneidewind 氏曾在 Lanchstadt 作十八年之試驗，在 Gr.-Lubars 作十二年之試驗，測得加里

之被利用率如下：

在 Lauchstätt (腐植質壤土)	化學鉀肥 %	腐 肥 %	在 Gr.-Jübars (沙土)	化學鉀肥 %	腐 肥 %
不施腐肥	33.2	—	不施腐肥	21.5	—
施用腐肥	25.8	48.0	施用腐肥	9.8	33.0

TRUCKE 氏曾作五年之化學鉀肥與腐肥所含之加里之被利用率研究，得結果如下：

土壤種類	化學鉀肥 %	腐 肥 %
沙土	31.4	68.8
高地聚植土	28.5	48.4

土壤中未被植物所吸用之加里，並非變為不能為植物所吸用之狀態如磷酸鹽，而多為流失。栽培深根作物可利用為雨水滲失於下土之加里。

根據 Remy 氏在萊茵河流域各地作二十三年試驗之結果，每公斤 K_2O 之增產值

在穀實作物之籽實為	4.0 公斤
在洋薯塊莖為	35.0 公斤
在甜菜為	35.0 公斤

根據 Nolte 氏在德國全國各地作十二年試驗之結果，加里之增產值

在穀實作物之籽實為	2.5 公斤 (128 試驗平均)
在洋薯塊莖為	22.0 公斤 (173 試驗平均)
在甜菜為	35.0 公斤 (8 試驗平均)
在飼料甜菜為	72.0 公斤 (10 試驗平均)

由上觀之，施用加里之益不大。如土中缺乏加里或磷酸，施用磷鉀肥可使收穫量迅速增加，達其最高點。氮肥則不然。施用大量之後，再施若干，作物之收穫量常又因而增加，難達其最高點。

加里在植物生長過程中之任務，不甚明了。吾人僅知植物生長不可缺少加里。碳水化合物，澱粉，糖類，及其中間生成物之生成與運輸，大有賴於加里。葉綠素之生成與活動與加里關係極切，以故加里對於含糖及澱粉豐富之作物如洋薯，甜菜，甘蔗，飼料甜菜，啤酒大麥等，至為重要。加里對於糖

質作物之籽實之千粒重，腐蝕性等究有何影響，衆說紛紛，莫衷一是也。加重量增加穀實作物之莖，使其不為倒伏，能增強作物之耐霜力，使其不易受凍。加風能增加洋薯之澱粉含量。但若施用氯化鉀於洋薯，常減低其澱粉含量。故施於洋薯之鉀肥，以硫酸鉀為最宜。菸草之燃燒性可因施用加里而得改善。栽培苧麻與大麻，施用加里可增加其稈與籽實之產量，並改善其質。

洋薯得藍色病者，係因上中缺鉀。作物之病害，常因施用加里而減少。作物之銹病，露菌病等其例也。

我國農民所最常用之鉀肥係草木灰。功效甚速，且為鹼性，能中和土壤之酸性，小心施用，對於一切作物均甚適宜。惟在提倡腐植質肥料之時，吾人應將一切植物性原料製為腐植質肥料。灰之成灰，以為肥料，非計之上。惟腐植工廠等從薪炭所得之灰，則可用之無礙。但其量不多，不敷應用。化學鉀質肥料僅含鉀素，不含磷氮者，祇為生理酸性。其遺留於土中之酸之量，與鉀肥種類與施用量之不同而異。土中石灰與酸化含為溶解性鹽類，隨水流失，故多施鉀肥之土壤，石灰之損失必多，須注意補充。

鉀與鈉性質相似。鈉破壞土壤團粒構造。鉀亦有此種作用，但不如鈉之顯著。施用大量鉀肥於粘土，後者乾時至為緊密，濕時則黏如爛泥。

施用鉀肥應在播種之前，不必犁於土中深處，因鉀肥係水溶性者，下雨之聲，隨雨水均勻分佈於土中。在寒冷之地栽培冬季穀實作物，因特殊原因不盡將鉀肥於播種前施下者，可於早春與氮肥同時施下。栽培菸草與洋薯時，如有特別需要，可用鉀肥為追肥。

第七節 石灰之施用法

施用石灰與施用氮磷鉀肥料不同，因前者主要任務不在供給營養來，而為改良土壤之化學，物理及生物之性質，以故，施用石灰之量常較次要作物土壤中抽去石灰之量龐大得多。

土壤石灰含量相差甚多，不若其他營養素含量之較為均勻也。母石係支配此舉因子之一。石灰岩土壤可含至20—25%，黃土可含至15%，聚植土壤與砂土常含0.06%以下。含石灰甚多之土壤，其石灰亦可在不能被利用之砂礫與腐植酸鈣（Randzina）狀態下。在潮濕氣候下，土中石灰流失甚烈，含量常至小。我國華南一帶之土壤其例也。

穀實作物與根莖作物自土壤中抽去之石灰較小。每噸穀實作物在每市畝僅

抽去4—7市斤，根莖作物倍之，約11—16市斤。豆科作物所抽者較多，例如，三葉草與紫苜蓿每年自每畝土中抽去石灰之量達26—32市斤，約五倍於觀賞作物。故種植此類作物時，對施用石灰，尤應注意。

土壤之石灰需求量之測定法，第四章第一節第二目詳述之矣，可以參閱。

石灰對於土壤之功用，至為複雜。（參考王世中譯：土壤學之新發展，正中書局出版，民三十四年。）石灰改良土壤物理性質之功用對於物理性質不良之粘土與粘土，至為重要，對於物理性質良好之壤土則稍差，粘土雖不能不常施石灰，以便土壤疏鬆，溫暖，通氣良好，水份流通，此種性質對土中各種分解變化之作用，進行更速，使營養素更易為植物所吸用。施用石灰之後，土壤易於團粒構造，使植物生長之一切環境俱得改善。次年之耕作工作亦易舉行。所用之石灰必須研細，撒施之，又須力求其與土壤充分混和。石灰之愈粗，與土壤混和愈不充分，則其效愈緩，常須二年之後，始發揮其效力。故德國農民栽培需石灰甚多之作物，如三葉草，紫苜蓿之前兩三年已將石灰施下。

石灰能改良土壤中之吸收複合物，腐植質與粘土之性質，使其效力變強，又能中和由化學肥料或腐植質肥料分解時所解放之酸，而調適土壤反應，並利植物之生長。

石灰又能助土壤細菌工作。土壤之固氮菌素，細菌如 *Azotobakter* 等之工作，頗有決於土壤之石灰含量。又如變氮為硝酸鹽之細菌，豆科作物根瘤菌等均需土壤有充足之石灰後，方能正常活動。石灰對於有益之土壤微生物極為需要，對於有害之微生物，有抑制生長之效力。在缺乏石灰之土壤，植物受真菌之侵害而生病患。

施用過多石灰亦有害處。德國農民施用大量石灰於沙土，頗為常見，荷蘭萊頓版之農場常將其廠內廢棄之石灰，盡量施於農田，均有此害。彭家述氏亦云廣東曲江梁邑等地之農民有於每畝施石灰一二擔，而不施其他肥料者。許多地方，已達最瘠劣之階段，皆施用過多石灰之害也。施用過多之石灰，使土壤有機物分解過速，使土壤緊密，使許多作物得由生理原因之病害，如洋蔥生癩瘡（*Schorf*），燕麥得褐斑病（*Dörrfleckenkrankheit*），蕎麥得黑心病（*Herzfaule*），水稻之桿脆弱易斷等。曾經施用過多石灰之農田，除於短期內停止施用外，尚可多用生理酸性之肥料如硫酸銨，過磷酸石灰

舞蚤等。鹼性之肥料亦應暫時停用。石灰對於農作物之質亦有影響，栽培飼料作物多施石灰，使飼料中亦多含石灰，對於幼小牲畜及乳牛之營養更為有益，使大畜避強軟骨之病，小畜有堅固之骨，必須使飼料中有充足之石灰。栽培穀類作物時，施充足之石灰，則其桿堅強，不易制伏，缺乏石灰之土壤常滋細弱之桿，其特徵也。莖桿堅強者，對病蟲害之抵抗力亦堅強。

生石灰或消石灰可施於重粘土。磷酸石灰可施於沙土。重粘土上，施用量可較大。輕沙土上則一次不可施用大量，而應分作數次，每次施用小量。吾國農民常以石膏施於水稻田，湘西農民常於每畝水稻田施用八九斤石膏，如：「一擔穀子二斤石膏」，可見其重視施用石膏之情況，石膏對於水稻田，究有何功用，未作詳細研究，不能遽言也。

石灰不可與糞肥及其他含氮肥料同時並用，恐使氮逸失也。所用石灰，須選含水少者為宜，以省運費，並便均勻之撒施。

石灰偶亦可用作追肥。例如，防治某種蟲害時即可。

第四章 各種農作物之施肥法

第一節 決定施肥法所應參考之事項

測定地力之工作，吾國頗有人行之者，其成績甚佳，但以吾國幅員之大，土壤種類之多，地方差異之甚，此項工作仍待吾人繼續作大規模，有系統之努力。至於有系統之科學的施肥法之研究，作之者極少。故本書僅能述科學的施肥法之原理，並非述一套可以推廣於我國各地農民之施肥法。此係可以推廣我國各地農民之施肥法，必須待有許多農業化學家在全國各地實行有系統之施肥法研究，得有良好之具體結果後方能生產。此吾願本書讀者再三注意之焉。

吾人現常被入詢以下列之問題：種植某作物需何肥料？如何施用？此實係一不完全之問題。猶之人間醫師，某君發熱，應投以何藥。決定施肥法之前，吾人所應參考之事甚多，非知所擬種植之作物即可也。茲分述之於以下數段。

第一目 農作物

吾人施肥於農作物，助其生長，對於農作物所吸收營養素之量，吸收營養素之時期，吸收營養素之能力等等，自不能加以研究。普通言之，農作物收穫量大者，其所吸收營養素亦多，或謂用化學方法分析農田收穫物之營養素成分，並計算全部收穫物自土中所吸收之營養素量，即可為決定施肥量之根據。其實不然。此種材料最多僅可供以決定施肥量之參考，絕不能作為根據也。因農田收穫物僅係全株植物之一部，地下部份常留土中。吾人供給收穫物以營養素，其量須足以應全株植物之需要，非足以應其「收穫物」之需要

即可也。植物之根，莖與其脫落之枝葉中，亦含大量之營養素。前者分解之後，後者又得解放，後者植物又可利用之。

關於農作物根部化學分析之工作，作之尚鮮。此項工作，至為難行，因作物之根常蔓延甚廣且深，故難易斷，難於上地分嫌。茲採用 Werber 與 Weiske 兩氏在一八七一年所作實驗之結果以爲參考：

數種主要農作物根部之化學成分

農作物	每公頃農作物植株與根所含：				
	乾物質 (公斤)	N(公斤)	P ₂ O ₅ (公斤)	K ₂ O(公斤)	CaO(公斤)
第一類					
小麥.....	8888	26.4	13.3	29.7	86.0
黑麥.....	5387	75.2	28.5	35.1	32.1
大麥.....	2227	2.7	13.5	10.9	47.1
燕麥.....	8726	30.0	33.5	27.9	93.9
第一類之平均數目	8932	88.8	22.2	28.7	77.9
第二類					
豌豆.....	3604	68.4	16.8	12.7	80.0
羽扇豆.....	3943	62.7	15.6	19.1	90.0
合衆得拿.....	3500	72.5	20.7	10.0	89.5
第二類之平均數目	3682	68.5	17.7	18.9	86.7 ^b
第三類					
紫苜蓿.....	19811	214.6	44.0	41.1	220.0
紅三葉草.....	9876	152.6	33.9	90.0	292.9
綠三葉草.....	6382	138.0	38.5	47.3	148.9
	5597	114.4	27.1	29.1	152.3
第三類之平均數目	8254	154.9	47.1	52.9	203.5

由上表可見，作物根部含氮與石灰至富，常超過其收穫物所含者。加里與磷酸之含量亦足令人注意。不特此也，其量且差異甚劇，故欲使農作物生長良好，供之以營養素，其量須足以應各株植物之需要。分析並計算收穫物之營養素含量不足代表各株植物之營養素含量。

此外，植物於成熟之前，其體內所含之營養素常有固積之作用。此種作用任何農作物及任何營養素均有之，而以穀實作物與加里及石灰最為顯著，大麥所吸收之加里量按分析其已熟之全株所含之加里量多 20%，石灰多 15%。此乃分析植物所得之結果不足為決定施肥量之根據之另一緣由也。

最終，吾人皆知豆科作物能利用其根瘤菌吸收空中氮素，土壤雖含氮甚少，而根瘤菌甚多，且性能良好，則豆科作物可無需氮肥，仍能正常良好生長。豆科作物收穫之後，常遺留大量氮素於土中，後遺作物可利用之。

吾人於施肥前應知農作物吸收營養素之時期，則選擇施肥時間，不至有過早或過晚之失。農作物種類不同，其吸收營養素時期常不同。同一農作物，其品種不同者，其吸收營養素時期常亦不同。農作物之吸收營養素常較其地面部份之生長為迅速。各種營養素被吸收之速度常不一致。就普通情形言之，植物之營養素多於幼小時期吸收之，在穀實作物中，大麥在其幼小時期所吸收之營養素最多，水稻，小麥，燕麥，次之，燕麥最少。甜菜與蠶豆吸收營養素速度較為均勻。各營養素被吸收之緩速次序，常因土壤情形及外界因子之變更而不同。在各種營養素中，加里多被吸收於植物幼小時期，此或係因加里在葉綠素及碳水化合物生成之作用中負有特別任務之故。就大麥與甜菜之情形而言，植物之生長期愈短者，其在幼小時期中所吸收之加里亦愈多。氮與磷酸之被吸收時期，頗無定規，時氮較磷酸速，時磷酸較氮速。植物成熟完了，其氮與磷酸之吸收始行停止，加里與石灰之吸收則先此早停。在植物生長之後期中，並無新的有機物之生成，而僅係已成之有機物自葉口轉往籽實之作用。

農作物自土壤中吸收營養素之能力對於決定施肥法，亦至重要，不同之農作物自同一之土壤中吸收之營養素量，常不相同。由此推之，可知不同之農作物，其利用肥料之能力，亦不相同。Remy氏與Wagner氏曾研究各種農作物吸收加里與磷酸之能力，得結果如下：

吸收營養素能力之比較數字

磷 酸		加 量	
作 物	根據Th. Remy	作 物	根據P. Wagner
1. 洋薯與紅蘿蔔	90—100	1. 甜菜與飼料甜菜	90—100
2. 飼料甜菜與甜菜	80—90	2. 洋薯	80—90
3. 燕麥汁蘆	60—70	3. 豌豆	70—80
4. 燕麥與結球甘藍	50—60	4. 燕麥、紅三葉草、 春苔、紫苜蓿。	60—70
5. 大麥	50—60	5. 舍拿得拿、黑麥、 亞麻、小麥。	50—60
		6. 大麥	40—50

Schlesier 氏研究德國夏季作物吸收營養素能力，得結果如下（大麥=100）：

農 作 物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
夏小麥.....	144	125	152	124
夏大麥.....	100	100	100	100
燕麥.....	168	142	194	228
甜菜.....	221	169	441	505
洋薯.....	191	125	246	414
矮性菜豆.....	129	84	97	392
豌豆.....	131	60	55	276

Quitza 氏研究德國冬季作物之吸收營養素能力，得結果如下（大麥=100）：

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
冬小麥.....	121	112	140	101
冬大麥.....	100	100	100	100
冬黑麥.....	98	127	163	103

農作物吸收營養素之能力，差異甚巨，其原因頗多，茲分述之於下：

1. 農作物生長期，長短不一，其吸收營養素之時間亦久暫不齊，故其吸收營養素之量亦不相同。例如，夏大麥，生長期甚短，其土壤中吸收營養素之量最少。故吾人稱其具最小之吸收營養素能力。或謂吾人比較農作物之吸收營養素能力，亦選生長期相若之作物，始可比較。惟此在實際上無何價值。再人知夏大麥之生長期甚短，因之，其吸收營養素能力至弱，已可使吾人於施肥之時，加以注意，選易為植物所吸收者，充份施與之。燕麥與小麥之生長期約相同，但燕麥在同一土壤所吸收之營養素較小麥為多。此植物吸收營養素之能力非盡受生長期久暫所支配之例證也。但根莖作物如洋蔥，甜菜等生長期甚長，其土壤中吸收之營養素亦至多。

2. 農作物之根在土中之伸展，差異甚大。紫苜蓿，聖三葉草，甜菜等根甚長。燕麥與燕麥之根又較大麥與小麥為長。根長者，其伸及之土層亦深，所能接觸並吸用之營養素與水份亦多。不特此也，根網之廣布愈大愈密者，其能吸用之營養素與水份亦多。營養農作物根網廣布之情況，最為困難，因根根端，碎斷，常與土粒分開故也。不同作物，其根之長度與廣布之情形，固有差異。同一作物，其品種不同者，其根之長度與廣布情形，亦常不同。

3. 作物根之活動能力與其吸收營養素能力亦有關係。其活動力強者，其完成之工作亦多，其吸收營養素能力亦大。Schumann氏曾作一試驗，於其一腦包爾皿中貯盛10公分土壤，後種各種作物於其上，比較其吸收磷酸與加壓之能力，得結果如下（黑麥=100）：

農作物	沙質土 pH4.5	壤土 pH6.7	壤土 pH6.0	壤土 pH6.9	壤土 pH7.1	壤土 pH7.9	壤土 pH8.2	壤土 pH8.4	壤土 pH8.5
-----	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

吸收磷酸

黑麥	100	100	100	100	100	100	100	100	100
小麥	90	98	92	81	86	92	89	88	99
大麥	65	87	74	65	76	78	77	88	108
燕麥	108	114	95	88	87	80	75	81	89
油蔴	28	47	52	65	59	58	44	58	88

收穫加量

黑麥.....	100	100	100	100	100	100	100	100	100
小麥.....	74	58	90	101	91	102	99	99	98
大麥.....	58	74	69	64	78	90	88	88	103
燕麥.....	82	99	89	77	81	98	87	85	71
加麥.....	48	80	55	86	65	68	66	64	78

植物之生長動力大者，其解放之CO₂量亦多。測定其所解放之CO₂量，其大者可謂其活動力之強弱矣。茲錄Stoklasa氏測得各農作物根部所解放之CO₂量如下（試驗日數：84日。溫度：20°C）：

植物名稱	根之乾物質 (公絲)	由根量產生 之CO ₂ 量 (公絲)	每廿四小時平均 產生之CO ₂ 量 (公絲)	每公分根之乾物質 在廿四小時中 產生之CO ₂ 量 (公絲)
黑麥.....	410.8	165.4	41.8	100.5
小麥.....	466.2	164.8	44.2	94.8
大麥.....	997.2	204.7	70.3	70.5
燕麥.....	421.2	178.0	47.0	111.5

以上結果與吾人實際觀察得，作物吸收營養素能力之結果相符合。植物所解放之CO₂量愈多者，因之，其溶解營養素之能力亦愈強。

此外，農作物吸收營養素之能力尚有決於土壤中各種營養素含量。溫度愈高，農作物吸收營養素之能力亦大。微生物之活動盛者，土中二氧化碳量亦多，因之，農作物吸收營養素亦易。

第二節 土壤

土壤愈肥沃，施用肥料之效力愈大。土壤之肥沃度，依其天然營養素存積之多少，亦其固態之營養素保存物大，此種保存物即岩石風化所成之黏土與土質腐質。此種保存物與鐵或鎂結合之時，性始強固。（參考上世中譯：土壤學之發展，正中書局，頁三十四。）以故施用肥料之先，吾人須先考察土壤之腐質與石灰之量是否足夠。（亦有人施放動物糞或化學肥料於沙土者，但不普遍。）如否，則應添補之。世界上除歐州與北美洲之土壤，非洲新得土之一部，聚積土等外，其他土壤罕有不

缺腐植質者。我國土壤，普通言之，均缺乏腐植質，倘有常施腐植質肥料之農田，如綠肥，其腐植質含量較高，其生產力亦顯強。吾人均須酌量吾人每一農田之情形，擇其適宜之腐植質肥料而常施之。

土壤之石灰含量與其肥沃性，關係極深。世界上無十多發育於黃土，因後者含石灰甚富也。土壤缺乏石灰，則變酸性，為瘠土壤之性質，減低農作物之產量，其詳細作用，拙譯之「土壤學之新發展」一書中已述之，可以參閱。我國北方多黃土，除有少數因發育過盛，亦呈酸性外，其餘均富含石灰。南方土壤，缺乏石灰者甚多。凡係缺乏石灰之酸性土壤，均應施以石灰（特殊情形除外，如栽培厭惡石灰之農作物，如茶、羽扇豆等）。此乃增加土壤肥沃性之基本工作，施肥成功之先決條件，絕不容吾人忽略。測定土壤需否石灰，其法甚多。其最簡單者，有加鹽酸於土壤，視其有無氣泡因 CaCO_3 之存在而發生，加 KCl 於土壤懸液，後以石蕊紙試其是否酸性。此類方法，稍嫌粗放。以下各法，較為準確。

1. Comber氏法或Emerson氏法。前者適於乾燥土壤，後者乾濕均可。

Comber氏試液：將40公分 KCN 於一百公撮95%酒精中。

Emerson氏試液：混合100公撮乙醇於900公撮丙酮中。後將10公分 KCN 於此混合液中。

試驗時，以供土置試管內三分之一，注藥液至管之半。搖盪之。靜置十分鐘後，液面澄清，並按土壤酸蝕之強弱，呈深淺不同之紅色。自其紅色之程度中，吾人可大略判定石灰之需要量。無色者以○代表之。1, 2, 3, 4, 5. 等字代表紅色之濃度。1. 微紅色，5. 紅黑色。茲將酸度與石灰需要量於下表：

酸 度	顏 色	PH 相當價	石灰需要量 (每畝 CaCO_3 斤數)
無 酸	○ 無色	7	不 施
極 弱 酸	1	6—7	10—20
弱 酸	2	5—3	20—40
中 酸	3	5	40—60
強 酸	4	4—5	60—100
極 強 酸	5	4	100—320

2. Kappen氏法。Kappen氏按作物耐酸之程度將其分為兩類。第一類為能耐弱酸者，如洋蔥，燕麥，黑麥，玉蜀黍，蕎麥，羽扇豆，金拿得拿等。其土壤之適宜反應為pH6。使土壤達到此反應之法，係施用石灰，除去其交換性酸度（Austauschazidität）。所需石灰之量用下法測定之：

加250 cc. KCl溶液於100公分氣乾供試土壤中。振盪一小時，過濾，取濾液之半，即125公撮，煮之，藉以驅去 H_2CO_3 後，以 Phenolphthalein 為指示劑，用0.1 n NaOH 溶液滴定之。所用0.1n NaOH公撮之數目以 y_1 (A)代表之。以3.5乘 y_1 (A)即得交換性酸量， S_A 。

$$S_A = y_1(A) \times 3.5$$

例：消耗0.1n NaOH 溶液三公撮。

$$S_A = 3 \times 3.5 = 10.5 \text{ cc. } 0.1 \text{ n NaOH 溶液。}$$

一公撮0.1 n NaOH溶液相當於0.005公分 $CaCO_3$ 或0.0028公分CaO。在理論上言，100公分本土壤之交換性酸度，需用下列數量之 $CaCO_3$ 或CaO中和之：

$$10.5 \times 0.005 = 0.0525 \text{ 公分 } CaCO_3。$$

$$\text{或 } 10.5 \times 0.0028 = 0.0294 \text{ 公分 } CaO。$$

一公頃等於10000平方公尺。以表土作深為20公分計算，則一公頃之表土為2000立方公尺，或2000000公升。以每公升土壤重1500公分計算，則一公頃表土重3000000公斤。一公頃等於十五市畝。一市畝表土重200000公斤。按前中試驗，一百公分土壤須施0.0525公分 $CaCO_3$ 或0.0294公分CaO，則一市畝須施105.0公斤 $CaCO_3$ 或58.8公斤CaO。

施用石灰於土壤時常不能均勻，且土壤吸收複合物能吸收石灰。故實際上，吾人恆須多施少許，始能使其pH達於6。Kappen氏建議實際上應用之石灰量須以1.1乘理論量。

第二類係不能耐酸之作物，如大麥，小麥，甜菜，豆科作物（羽扇豆除外），油菜，芥子等。栽培此類作物，須將土壤反應調整至pH7。欲達到此目的，可用石灰除去其水解性酸度（Hydrolytische Azidität）。測定水解性酸度之法如下：

加150 cc. n $Ca(CH_3COO)_2$ 溶液於100公分氣乾供試土壤中。振盪一小時，過濾，取濾液之半，即125公撮，煮之，藉以驅去 H_2CO_3 。後以Phenolphthalein為指示劑，用0.1 n NaOH溶液滴定之。所用0.1 n NaOH 溶液

公積之數目， $y_1(H)$ 代表之。以30乘 $y_1(H)$ ，即得總水解性磷量

$$S_p = y_1(H) \times 3.0$$

中和水質時所產之石灰量之計算法，一如前所舉之例。計算得土壤上所需之石灰量後，應以1.5%等度添上所產之量。

Kappen氏之法僅適用於礦物質土壤。其常數5.5%8.0是否最切合於我國各地之情形，須吾人試驗之。（參考：Kappen, H.: Die Bodenazidität Berlin 1929. S. 24. 101, 120-121, 178.）

土壤所含之養分不能全為植物所吸用。其他為植物所吸用者，吾人稱之為在「根可溶之狀態」(in wurzelloshem Zustand)。用化學方法分析土壤營養素之總量，不能決定施肥量之參考，因吾人仍不知其中所含之「根可溶」營養素若干也。不溶性之土壤營養素可漸漸風化為「根可溶」者。其速度在寒帶最慢，在熱帶較速。Alten氏之估計，在熱帶，植物自土壤中吸收營養素量中有百分之十係來自風化之礦物微粒。吾人現有許多方法，可測定土壤礦物「根可溶」營養素之量或需肥量。惟最可靠，最標準者如田間試驗，因其最切合實際情形也。（參閱范福仁著：田間試驗之設計與分析，頁三十一。）此法之缺點在於需時過長及所得之結果僅能示過去一年土壤之情形，因經行試驗之後，土壤情形業已變異矣。

1. Mitscherlich氏法係根據其所創之收穫定律 (Ertragsgesetz) 而產生。其律曰：「植物收穫量之若干由生長因子所支配。每個因子對於植物收穫量均有一定貢獻量上之影響。增加每一因子當使植物收穫量增加。後者增加之量與實收穫量與在該環境下所可能得到最大收穫量之差之大小成正比例。所增加之生長因子，其功效率愈大，則未增加時之原有量愈小，則因其增加而產生之收穫量之增加亦愈速。」Mitscherlich氏尚創一數學公式，俾得其律：

$$\frac{dy}{dx} = c(A - y)$$

式中

A = 在該環境下所可能得到之最大收穫量，

y = 實得之收穫量，

c = 功效值，

x = 所增加之生長因子之量。

此式可化爲

$$\log(A-y) = \log A - cx$$

最大收穫量A者，在當時環境下增加受試驗之生長因子所可能得到者也。如當時環境或其他生長因子變異，則A亦變異。故A非單受一因子而係受一切因子之共同作用所支配。在理論上，此法之要領在於控制其他因子，不使其變異，而僅變異吾人所擬試驗之因子。實際上，此種情形，極難得到。例如，吾人試驗氮素因子。但施氮肥時，其他數元素亦一併施下，土壤溶液之濃度，反應等等許多因子俱行變異。

Mitscherlich氏又以每一生長因子皆有其一定之功效值，不受土壤之性質，植物等影響而變異。其所制定之三要素功效率如下：

$$C_n = 0.123$$

$$C_{k_2O} = 0.83 \text{ 無鈉共同存在}$$

$$C_{P_2O_5} = 0.60$$

$$C_{k_2O} = 0.93 \text{ 有鈉共同存在}$$

以上乃述 Mitscherlich 氏之收穫量律。其土壤需肥量之測定法係：每畝各盆供試土壤七公斤。按試驗之目的，處理以不同之施肥法。後種黑麥於其上，成熟後刈之，稱得各盆之收穫量。施大量磷肥所得之收穫量即施磷肥所可能得到之最大收穫量(A)。後吾人再計算未施磷肥所得之收穫量相當於施磷肥所得之最大收穫量之百分數。得此百分數，吾人即可由 Mitscherlich 氏根據其收穫量律所特製之表上查得此土壤所應施之磷肥量。磷肥之需要量亦可用此法求得。氮肥需要量之計算法稍異，但原理相同。(其詳細方法可參閱 Mitscherlich, E.A.: Die Bestimmung des Düngungsbedürfnisses des Bodens, Berlin 1980)。

Mitscherlich氏法頗受人之非議，除上述之緣由外，尚因其過於倚靠數率，其所定之功效值不能切合於一切情形，需時一夏季，過於長久等。

2. Neubauer-Schneider氏幼苗法。此法乃德國最通用之方法。其法係：種植100顆黑麥於100公分供試土壤中，再植100顆於純粹石英沙中。十六至十八日後，將下燒成灰，化驗其磷酸與加里含量。將以種於土壤之黑麥所含之磷酸與加里量減去種於純粹石英沙者，得黑麥自土中吸取之磷酸與加里量，亦即土中所含之「根可溶」磷酸與加里量。一公畝黑麥所吸用之磷酸或加里即相當於一公頃土壤含「根可溶」磷酸或加里三十公斤。據Neubauer氏之意見，欲得最大收穫量，每100公分土壤至少須含：

$$\text{黑麥與黑麥} \dots\dots 4 \text{公畝 } P_2O_5$$

$$20 \text{公畝 } K_2O$$

小麥與大麥……………6公絲 P_2O_5	90公絲 K_2O
洋薯……………6公絲 P_2O_5	40公絲 K_2O
一切蘿蔔類作物……8公絲 P_2O_5	80公絲 K_2O

土壤所含磷酸與加里不足以上數目者，即有施肥之必要。（參考：Stenart, R.; The Mitscherlich, Weissmann and Neubauer Methods of Determining the nutrient contents of Soils, Tech. Comm., No. 1, The Imp. Bur. of Soil Sci, London, 1932.）

此法亦能用於礦物質中性或鹼性土壤。黑麥在熱帶生長不良，故此法不能用於熱帶。有人試以稻代黑麥者，結果不良。

3. Niklas氏法。Niklas氏配製一培養液，中含 *A. niger* 所需之各種食料，惟磷或鉀則由定量之土壤供給之，接種之後四或六日，秤所得之菌絲，即可作土中含磷或鉀多寡之衡量。渠亦曾以 *Azotobakter* 接種於土壤，測定後者之含磷量。此等方法較速，但不可靠。（參考：Niklas, H., Poscherrieder, H. und Trischler: Die Ernährung der Pflanze, 26, 97, 330, 1930）。

4. Hoffer氏法。此法係以細胞汁之成分為土壤中應用植物營養素之指示者。Hoffer氏於1926年試驗得凡含鉀素不足之土壤，所生長之玉蜀黍的節部細胞汁皆含過量之磷。測其濃量之多寡，即可知土中鉀素之貧富。此法公佈後，頗有人效之而創新法，但亦均不能適用於一切土壤。

5. 此外，尚有用化學藥品處理土壤，檢定其營養素含量者。Dyer氏以1%檸檬酸處理土壤，其可溶性 P_2O_5 在0.01% 以上者，即無需施用磷肥。Trapp氏用N 500硫酸溶液，內含硫酸鐵為緩衝劑，保持其酸度於 pH 5，抽以上之磷酸。如在粘性土壤中植普通作物，每英畝須含70磅磷酸，沙性壤，須含50磅。如植蔬菜作物，每英畝須含150磅。此係適合於北方情形。如在南方，種普通作物，每英畝含20至30磅即足（參考：C. H. Wright: Soil Analysis pp.172—174, 1934）。Lemmermann氏以水測定土壤所含之磷酸濃量，次以1%檸檬酸測定其能溶於檸檬酸之量。如後者尚不及前者25%，則有施磷肥之必要。（參考：Lemmermann, O. v. Fresenius, L.: Zeitschrift f. Pflanzenernähg, Düngung und Bodenkunde, 1, 2, 363 (1928); B, 6, 16 (1927) A, 15, 249 (1927)）。

近年來，吾國農業化學界人士所作之地方測定工作，極著成績。中央農

農實驗所張乃鳳氏等曾任蘇，皖，贛，湘，鄂，川，滇，黔，桂，魯，晉，冀，豫，陝十四省七主要土壤區域舉行一百五十六個試驗，測定地力，得知全國普遍缺乏氮素，長江流域及長江以南表示缺乏磷素。鉀素則在全國各地土壤中都豐富。茲詳述之如下：

澆栗鈣土與澆栗鈣土沖積土。此土母質，俱係黃土，分佈於黃河上游。地力頗富。缺氮而富於磷鉀。

石灰性沖積土。此土母質大部為黑鈣土與黃土。其在黃河流域者，性質與澆栗鈣土相仿。缺氮程度較澆栗鈣土低。張氏特別指出，在此區所作之試驗係在地力較高之農田舉行者。淮河流域之石灰性沖積土區域雨量較高，滲透較烈，氮素之外，似亦缺乏磷素。

無石灰性沖積土。此土之母質與環境最雜。成都平原之土大都來自都江堰之灌溉水，故較單純。成都平原之地力原較一般土壤為高，而缺氮缺磷之現象仍極普遍。揚子江流域之沖積土與澆栗鈣土之地力，因材料不足，一時不能詳言。

紅壤。在張氏等所曾測定紅壤中，缺氮者，平均佔72%，缺磷者佔88%，缺鉀者佔11%。

黃壤。黃壤之地力較紅壤低。在張氏等所曾測定之黃壤中，平均氮者佔72%，缺磷者佔55%，缺鉀者佔12%。

紫棕壤。在張氏等所曾測定之紫棕壤中，平均缺氮者佔88%，缺磷者佔27%，缺鉀者佔2%。

張氏又根據其試驗結果者，小米，玉米，油菜，與一切作物所需氮素量高於棉花與小麥。種油菜時，須特別注意磷肥。（參考張乃鳳：地力之測定，土壤季刊，2, 1, 96—112, 民三十年）。

廣西地力最貧。廣西各農事機關在廣西各地曾舉行一百零八個田間試驗，歷時六年。茲錄其報告之一段於下，以為參考：

「就各種作物之平均結果而言，各地土壤需要氮磷鉀三要素之程度，桂林，蒼平，貴縣，龍津四處以氮磷為最著，磷次之。博寧，天保，貴陽三處之土壤，以氮為最著，磷鉀次之。融縣，柳江，沙塘，田東四處，以磷為最著，氮鉀次之。宜山及玉林兩處，以鉀為最著，氮磷次之。又就十三處之棉平均而言，則以磷為最著，氮次之，鉀又次之。而由於氮磷鉀三要素之補充，可能增加作物產量平均達108%。」（參考：廣西農事試驗場，農林部廣西

省推廣繁殖站，農林部中央農業實驗所廣西各縣聯合辦公室籌編：科學與廣西植物生產，民32，第48—49頁）。

地力測定之工作，全國各農墾機關進行之者甚多。預料不久當有更詳盡之報告問世也。

決定施肥法時，吾人對於土壤質地亦須十分注意。土壤質地極者，肥料之流失易，故以用溶解性不大之肥料。此外，尚須多施腐植質肥料，以增加土壤吸收養料及水之能力。腐植質肥料在此類土壤中，分解甚易，損失甚速，故一次不可施用大量宜多分數次施用之。德之農民尚有施用鹼性岩石如玄武岩，輝長岩之粉末於少土者。此類粉末風化之後，亦可增加少土之肥沃度。粘重之土吸收養料之能力甚大，可用溶解性甚大之肥料。勿施不易分解之肥料如未腐熟之糞肥，石灰氮素等於粘土，恐其肥效不著。至於土壤，一切肥料均可施用。

土壤之反應對於選擇肥料關係亦鉅。酸性土壤或緩衝力甚弱之沙土，不可用生理酸性之肥料。在中性土壤栽培能耐酸之作物，如水稻，洋薯，黑麥等時，可用生理酸性之肥料，否則用中性或鹼性肥料。選擇施用於鹼性土壤之肥料時，可較隨便。

施用化學肥料之前，須注意地下水之水面是否過高。如然，則化學肥料易因地下水之蒸發帶而集中於地表，使表土溶澆之濃度，大行增加，危及植物之生長。如有此種情形，必須無條件排水，而後方可施用化學肥料。

第三目 氣候

決定施肥法時，吾人應考慮農作物與土壤之情形，已詳述於前矣。氣候對農作物之產量，生長期，吸收營養素之時期，及吸收營養素能力等，影響甚大。土壤之風化，礦物質不溶解營養素之解放，土壤微生物之活動等等，莫不受氣候之支配。是故，吾人以氣候為決定施肥法所應參考之第一重要因子，亦無不可。茲論氣候對於農作物及土壤之影響不論，僅述氣候對於施肥成效之直接關係數事，明其重要而已。

溫度高，雨量大有者，肥料之分解速，可以速施。反之，須早施。華北氣候冷而燥，農民所用堆肥，常待其十分腐熟。華南氣候熱而濕，農民常用不腐熟之堆肥。此雖農民之習慣，實氣候使然也。施用堆肥之成效，常有視於雨量之多寡。雨量過少者，堆肥奪其他作物之水量，使其缺水，而減產量。綠肥在乾旱情形下，聚於土中，不易分解，流弊甚大。又逢降雨不得其時，

常與施肥遭受障礙。茲錄孫達吉氏引孫恩廉氏之言於此，以爲一例：「棉麥兩熟之區，棉花播種時，麥將成熟，不便施肥。麥既收穫，棉苗正須肥料。然時值旱季，施肥不易見效。不久見霖，追肥又有被雨沖失之虞。習慣上，每於霖雨後施肥，時期過晚，不得不用速效肥料。人糞尿施用不便，且無大量。豆餅效速，遂爲棉田最重要之肥料。而棉餅出自棉田，自來源及肥分而言，固非棉田最經濟之肥料，祇以見效稍緩，棄而不用……。」北歐農民（我國農民亦有之）種植冬小麥，因冬季氣候寒冷，麥之生長遲緩，恆延至翌春始施第一次肥料。冬季溫暖之區，自不確如此。

氣候對於施肥，關係極鉅，後當仍常述之。

第四目 肥料

以一般情形而言，選擇肥料，以經濟爲第一條件。肥料雖良，價格昂貴，農民不能用也。農民所用天然肥料更多就地取材。海濱農民用海藻，魚屎。桐廬宜於桐區。棉餅宜於棉區。自然之理，不可相背。遠程運輸，增高成本。勉強施用，必至無利可圖，尤以體積龐大之天然肥料爲然。以故，決定施肥法時，僅可設法利用當地經濟情形所許可之肥料。肥料之價格既合宜；其對氣候，土壤，農作物等等之適應性，亦須十分注意及之。本書第二章與第三章已述之甚詳，以後仍將時時闡述之。

第五目 輪栽制度

歐美農民常以糞肥施於根莖作物，蓋因前者分解較爲緩慢，且盛於夏季，後者生長期較長，其吸收營養素最多之時期亦在夏季。此外，後者尚喜磷肥之土壤與大量之肥料，故以糞肥施予之，効力最大，最爲得計。德國農人於種植根莖作物時，所施磷肥之數量恆超其能被根莖作物所吸收之數量，因根莖作物需磷甚多，與其施用過少，勿庸施用過量，因磷肥可其在土中，不隨雨水流失，可供後遊取用也。北歐農民又常種植吸肥力強大之作物如燕麥，緊接於根莖作物之後，因種植後者時，必曾施大量肥料，燕麥與黑麥可利用其剩餘之肥力，無須另施肥料矣。種植釀造大麥，須慎施氮肥，恐增其蛋白質含量也，故亦有人種之於根莖作物之後，而不另施氮肥。肥料之効力，緩速不同。農作物所需之營養素量及吸收營養素之時期與能力，蓋異甚大。前作所遺於土中之殘株根部當爲後作之營養素來源。前作之種類不同，其所遺之營養素量亦不同。又普通作物皆喜中性之土壤，而石灰則又非在種植任何作物時，皆可施用。以故，殖學者皆主張施肥須與輪栽制相配合。施

用肥料非以每種作物為對象，而係以輪作制為對象。本章第十一節將舉例詳述之，藉明其原理。

第二節 穀實作物之施肥法

第一目 水稻之施肥法

水稻有粳稻，糯稻及秈稻之別。在粳，糯，秈中，復有早稻，中稻，晚稻之分。在早中晚之中又有無數品種。其產量不同，生長期不同，吸收營養素之時期與能力亦必不計相同。水稻之產量因地而異，以吾國情形而言，每畝產量以湖南，貴州，四川為較豐，以廣東，安徽，江蘇等省為較低。各地水稻之栽培法亦常有差異，其播種法有為直播者，有為移植者。寒地一年植稻一次，溫地一年植稻兩次，廣東之南部，有一年植稻三次者。此外，又有「雙季稻」，「再生稻」，「夾根稻」等等。以故，水稻之施肥法，殊於劃一。旱地作物吸取其營養素於土壤，水稻所吸取之礦物質營養素，取給於土壤外，灌溉水中所含者，亦可供給之。故水稻施肥法有待吾人研究之處甚多。

1. 水稻之土宜。水稻喜輕鬆之表土，堅結之下土。表土輕鬆，則根易於發展，肥料易於分解。下土堅結，則田水不為流失。稻之土宜亦因氣候而異。熱帶以粘質土壤為宜。溫帶以壤土及腐植質土壤為宜。寒帶以砂質土壤為宜，蓋土壤溫度使然也。

2. 水稻抽取營養素之數目與時期。根據意大利 Vercelli 水稻試驗場 Novelli 氏之研究，每英畝如產 5000 磅籽實與藪稈，其自土中抽取營養素之數目有如下列：

N	110 磅
P ₂ O ₅	65 磅
K ₂ O	85 磅

花井氏在日本元山喰支場曾作水稻吸氮量之研究，知插秧三週後，水稻吸氮量之增加始為顯著。大量氮素係被吸收於孕穗期。出穗後，其他有機物（主要者為不含氮素之碳水化合物等）乃行大量生成。茲誌其所得之結果如下：

各生育時期中水稻吸氮量

期 次	期 間	日數	各期中每日每 畝氮素吸收量 (公分)	增加量 (公分)	乾物質含氮量%	
					葉律	籽實
(0)	苗	—	206.1	—	1.707	—
1	月日 6.15 (播秧)					
	月日 6.30	15	788.1	577.0	2.812	—
2	7.1—7.7	7	1,949.9	1,166.8	2.742	—
3	7.8—7.14	7	3,533.0	1,643.1	2.503	—
4	7.15—7.21	7	5,407.4	1,814.4	2.496	—
5	7.22—7.28	7	7,609.1	2,201.1	2.258	—
6	7.29—8.4	7	10,023.2	2,314.1	1.893	—
7	8.5—8.11	7	10,289.2	215.2	1.808	—
8	8.12—8.18	7	10,746.0	506.6	1.585	—
9	8.19—8.25 (出穗)	7	12,600.4	1,854.4	1.514	—
10	8.26—9.1 (稻出齊)	7	12,755.9	155.5	1.292	0.965
11	9.2—9.8	7	13,306.2	650.3	0.956	1.507
12	9.9—10.21 (成熟)	46	17,310.0	4,003.8	0.812	1.514

據日本宮城縣試驗場所作五次之水稻生育期間二級營養素之研究之結果，水稻自播秧日至穗出齊為止(六月七日至八月二十六日)所吸收之氮素約當其總吸收量百分之八十，自八月二十六日至九月一日所吸收之氮素約當其總吸收量百分之十，自九月一日至九月二十五日所吸收之氮素約當其總吸收量百分之六。自播秧日至大暑(六月七日至七月二十四日)吸收其所需磷素百分之二十。自大暑至穗出齊止約一個月間吸收其所需磷素百分之七十。八月二十六日至九月一日約一星期中吸收其所需磷素百分之二。九月一日以後至收穫時為止，約減少百分之十。茲誌其所得之結果如下：

各生育期中水稻吸收二級素之量

期次	期	每日吸收量 (日)	吸收率	每日吸收量 (日)	吸收率
1	六月七日 (移植)	—	—	—	—
2	七月二十四日 (大暑)	0.528	18.7	0.261	17.7
3	八月二十六日 (種田節)	1.957	68.7	1.009	7.5
4	九月一日	2.322	1.7	0.274	18.8
5	九月二十五日 (成熟)	2.871	5.9	0.149	0.2

根據 C. van Rossum 氏之試驗，水稻在其生長之初期，氮鉀最爲重要。在其後期，磷亦重要。吸磷之作用在各時期頗爲均勻。

由上可見水稻吸收各元素之作用因環境之不同而有異。我國各地情形如何，有待於吾人之探討也。

3. 各要素對水稻生育及品質之影響。加里與磷酸對籽實之完整，頗有影響。加里與磷酸充足，則籽實完整，否則不完整，尤以磷酸爲然。加里與磷酸對籽實硬度亦有關係。如不充足，米之硬度減低，尤以鉀爲然。加里影響米粒中白點。如缺加里，則多白點。多用氮肥，白點愈大，與加里之作用相反。多施氮肥，米之蛋白質含量亦多。根據謝家榮與陳鴻平兩氏之研究，單用硫酸銨，稻米之產量漸行減少，容積大，易碎，腹白亦多，千粒重減少，單用豆餅則否。

永井成三郎氏曾概述日本沖積土普通水田三要素肥料試驗之結果如下：

- (1) 不論磷鉀肥施用量之多寡，增施氮肥皆可增加籽實之產量。
- (2) 不論氮肥施用量之多寡，磷肥對籽實收穫量之影響，不甚顯著。
- (3) 加里與磷酸相同，不論氮肥施用量之多寡，其對於籽實收穫量之影響均不顯著。
- (4) 氮肥之施用量愈增，籽實收穫量之增加率愈減少，碎米及米糠之比率愈增高。此外，籽實對葉率之比率亦有減小之趨勢。
- (5) 氮肥之施用愈多，出穗期與成熟期亦愈延遲。
- (6) 磷肥能促進耕作狀況，提早分蘗及出穗期。籽實對葉率之比率則不受影響。
- (7) 鉀肥對促進耕作狀況無顯著之效果。

4. 水稻苗之施肥法。施肥於水稻苗應注意二事：(一) 苗作基肥，(二)

不可施用太多。吾國農民所用於秧田肥料多爲人糞尿，油餅，草木灰，河泥，堆肥等。此外，亦有用化學肥料如硫酸銨者。此類肥料應皆作基肥，非有不得已情形，不作追肥。施用過多肥料，秧苗發育過盛，移植時，易於損折。原瀨周氏承實東農事試驗場早造水稻秧田肥料每畝數量如下：

人糞尿	八百斤
水溶磷粉	六斤
火灰	五十斤

若土壤肥沃，人糞尿之量可以酌減。若不得已應用追肥，則宜施少量速效肥效，如腐熟之人糞尿，硫酸銨等。若時近移植，任何肥料皆不可施。

吾國農民亦有利用綠肥如苜蓿，紫雲英，苕子等爲秧田肥料者。整地苗床時，將其鋪於田上，用足踏下，灌水平土，然後下種。每畝用約二十至四十擔。若用河泥，則多至百餘擔。

關於水稻苗施肥法之研究，作之者甚少。

5. 腐植質肥料。我國農民用於稻田之腐植質肥料有堆肥，厩肥，綠肥等。經驗甚多，記載則少。科學之研究更少。此吾人應立加以研究之問題也。大約言之，腐植質肥料對於水稻效應甚佳，故用之者幾遍於各水稻區域。綠肥之用，最爲普及。其種類有紫雲英，黃花草，苕青，蠶豆，豌豆，馬豆，苦草，豬屎豆，田菁，苜蓿，油菜，蕎麥，水草，苦刺，老靛豆，紅草，蒼草等，不可勝舉。凡極用綠肥之水稻田，土色極暗，較爲肥美，水稻之產量亦高。徐天錫，張樹材與李繩衡等三氏在廣西用紅花草 (*Asragalus leucis* L.) 與肥田草 (*Vicia cracca* L.) 爲試驗，凡三年，發現二者均能增加有機水稻產量，尤以肥田草之效爲大，對晚稻則無影響。第四年，紅花草區改種油菜 (*Brassica chinensis* L. var. *oleifera*)，肥田草區改種蕎麥 (*Brassica rapa* L. var. *oleifera*)。蕎麥效力較油菜爲大。肥田草區水稻產量18.9%，蕎麥提高17.01%。按成都平原之情形，地苕子，每畝可得三千斤，其地上部份含十五斤氮素，地下部份含十斤氮素，足爲三畝小稻田之綠肥。

6. 氮肥。溫度低，雨量少之區域，有機質肥料之效力常較化學肥料爲遲，因前者分解較難也。水稻田中有機質肥料之效力當與化學肥料相伯仲。北亞因水稻區域溫度極高，有助有機質肥料之分解，且有速效肥料不易流失故也。化學氮肥中，智利硝之效較硫酸銨爲遲。此蓋因土壤能吸收銨態氮，

不能吸收硝酸鹽態氮，後者為水流失。此外，硝酸鹽在水稻田土壤中有一行脫氮作用，因而損失氮素之可能。日本大工原氏曾在日本元畿內支場以日本農民最常用之氮素肥料施於水稻，以比較其吸收率。日本今關氏在日本西原本場，亦曾作與此相似之試驗。茲將二氏所得之結果抄錄如下：

肥料種類	元畿內支場成績		西原本場成績	
	N含量%	平均N吸收率%	N含量%	平均N吸收率%
人糞尿	0.68	36.45	0.60	67.8
種粕	5.82	35.94	—	—
大豆粕	6.29	23.8	7.04	61.5
醬油粕	8.42	23.14	—	—
燻酒粕	4.55	37.66	—	—
鱈魚	10.50	33.73	9.79	69.3
鯧魚	8.50	33.80	9.64	70.2
乾鯧	—	—	10.0	54.1
乾血粉	10.8	29.91	1.98	51.3
硫酸銨	19.59	33.53	20.21	67.0
硝酸銨	34.14	25.33	—	—
硝酸鈉	14.63	30.75	15.6	42.8
菜油油粕	—	—	5.26 6.4	42.5
米糠	—	—	2.35	41.5
堆肥	—	—	0.822 0.899	12.8
蒸製骨粉	—	—	2.71	43.5

由上表可見，據兩試驗場所研究得之成績，多數有機肥料之氮之吸收率，僅遜於硫酸銨，而皆優於硝酸鈉。

肥料之吸收率與肥效率雖未必一致，然頗有關連之處。大工原氏又曾在日本各農事試驗以各種氮肥施於水稻與大麥，比較其肥效，得結果如下（以大豆粕之肥效為100）：

肥料種類	水稻	大麥	肥料種類	水稻	大麥
硝酸鈉	54.5	100.00	醬油粕	75.0	—
硫酸銨	110.2	188.00	燒酒粕	104.5	—
堆肥	38.6	70.0	榨實粕	104.5	—
紫雲英	71.6	—	大豆粕	100.0	100.0
米糠	72.7	77.7	種粕	86.8	52.5
海鳥糞	97.7	—	乾草	99.9	90.8
角粉	100.0	—	豆餅	100.0	—
骨粉	100.0	—	綠粕	118.6	94.2
血粉	105.7	—			

由上可見在水稻田中，硫酸銨、綠粕、效，稍勝於大豆粕，海鳥糞，角粉，骨粉，血粉，燒酒粕，榨實粕、豆餅等與之相若，紫雲英，米糠，醬油粕，種粕等則遜之，而以硝酸鈉與堆肥為最劣。在大麥田中，硫酸銨之功效勝於大豆粕，硝酸鈉與之相若，米糠，種粕，乾草，綠粕等稍遜之，而以堆肥為最劣。

陳方濟氏於民國二十一年在中大農學院農場，用圓林試驗各種肥料對水稻之效應，亦發現豆餅與棉餅較硫酸銨之效為強。豆餅與棉餅之效稍遜於硫酸銨。智利硝之效不及硫酸銨與油粕。

黃瑞翰與李嘉猷兩氏於民國二八年在廣西農事試驗場，試驗各種水田肥料，發現花生餅之效較桐餅大，桐餅之效又較茶餅大。

日本今關氏於西原本場，大工原氏於元藏內支場，曾以各種氮肥施於水稻，試驗於每日段每日實氮素所增收之產量，並以之與無氮區比較，得結果如下：

肥料種類	元藏內支場*		西原本場**	
	三年平均之每日段收量(稻米)	每日實氮素對無氮區之增收量	每日實氮素對無氮區之增收量	每日實氮素對無氮區之增收量
		每日段 比率	每日段	比率

	斤	斤	100	石	
人糞尿	2.505	0.302	100	1.258	100
羊糞	—	—	—	0.955	75.1
油粕	2.592	0.350	115.6	0.964	76.6
豆油粕	2.500	0.298	98.3	1.134	90.1
菜油粕	2.548	0.230	109.3	1.357	107.8
豆餅	2.539	0.321	103.0	1.192	94.8
燒油粕	2.608	0.200	93.1	—	—
智利硝	—	—	—	0.794	63.1
硫酸銨	—	—	—	1.286	102.2
大豆粕	2.614	0.374	123.8	1.012	80.4
菜油粕	2.464	0.278	90.4	—	—
燕製骨粉	—	—	—	0.985	78.3
乾血粉	2.616	0.371	122.8	1.047	83.2
堆肥	—	—	—	0.579	46.0
無氮素	2.053	—	—	—	—

★ 施1.5 日實氮素

★★ 施四公斤區與八公斤區兩年之平均

觀上表可知同一肥料，其效力常可不相同。例如，大豆粕之肥效在函原本場比人糞為遜，在元畿內支場則較優。此蓋因肥料之效力隨環境之不同而異。堆肥與智利硝之效微弱，則較為顯著。支配效之因子有（一）施肥量，（二）施肥法，（三）作物之品種等等。大概言之，施肥量大者，其效減退。日本鏡氏以不同實氮素施於每日段之水稻，試驗每日實氮素對於稻米之增收量，並計算其比率，得結果如下：

每日段實氮素用量 (日實)	每日實氮素對稻米 之增收量(石)	比率	每日實氮素對葉稈 之增收量(石)	比率
1.0	0.457	100	25.7	100
1.5	0.415	90.8	23.5	92.5
2.0	0.401	87.8	21.0	81.6

2.5	0.336	73.5	20.8	80.7
3.0	0.830	72.1	20.5	79.7

由上表可見，氮素施用愈多，稻米之增收益愈減。每日投費用大於2.0日圓時，其增收益之減退愈劇。

我國水稻缺氮最甚。戰前我國沿海諸省農民有施用硫酸銨者。4畝地十五斤硫酸銨約可增收四十五斤稻米，最為經濟。

以速效性肥料為基肥，其效常不如分散次施用。日本今國民以同的試驗水稻之施肥期，發現肥料分散次施用者，其收穫率較作基肥者常高百分之十乃至二十。茲示其所得之結果如下：

肥料種類	吸收率 (%)			比率 (以人糞尿作基肥之效為100)		
	基肥	分二次施用	分三次施用	基肥	分二次施用	分三次施用
人糞尿	49	52	55.9	100	103	114
硫酸銨	68.9	76.7	74.7	130	157	152
智利硝	28.9	46.9	52.3	47	96	107
蒸製竹粉	59.2	—	—	121	—	—

花井氏在元山陰支場曾以大豆為試驗，施用大豆播種之時期不同，其吸收率亦不同。茲示其結果如下：

播種一日前施用	51.4%
播種二十日後施用	79.0%
播種四十日後施用	13.2%

施用氮素追肥之時期應注意。施用過晚，延遲成熟，是時天氣若已轉冷，則收穫量大行減少矣。

7.磷肥 我國水稻田有需磷頗切者。吾人不可忽略之。關於水稻田施用磷肥之研究，國人作之者絕鮮。據大丁原氏之研究，水稻對各種磷型之吸收率有如下表：

磷肥種類	第一年	第二年	共計
重過磷酸石灰	24.1	4.1	28.2
沉澱磷酸石灰	25.1	7.4	32.5
蒸製骨粉	14.2	5.7	19.9
粗骨粉	14.6	6.0	20.6
湯馬斯磷肥	13.7	6.6	20.3
磷鈉	10.9	—	—
海鷗糞	8.3	6.5	14.8
骨灰	6.6	2.9	9.5
磷石粉	1.2	2.4	3.9

由上可見，磷肥之溶解性大者，其被吸收率亦大。

8. 鉀肥 我國與日本之水稻田罕有缺鉀者。此蓋因一般土壤含鉀均富，農人所施用之天然肥料常已含大量之鉀素，故無另外補施之必要。歐洲水稻田，有缺鉀者。水稻生三個月時，葉上有朱古力棕色之長條。葉尖死亡。鉀肥之被吸收率約為 50%。

9. 石灰 水稻能耐弱酸性反應。惟酸性過強，水稻之生育亦劣。我國農戶有將廬石灰於水稻田者，以其能增加產量也。但亦有因連年施用大量石灰，時期長久，土質大壞，水稻之產量劇減者。水稻田土壤之反應宜如何調整，如何矯正，關係之因子甚多，直待吾人之研究，非數言所可道盡。茲述學者對此問題研究所得之大略結果如下。

日本農事試驗場 (Imperial Central Agricultural Experiment-Station, Nishi-Shara) 曾以多量肥料與少量肥料分施於兩組水稻盆，後再分施以不同量之濃鹽酸與碳酸石灰，終又檢定其在不寫時期中之灌溉水與土壤之反應，水稻莖數，稈高與籽實之收穫量。茲將其結果列表如下 (每盆面積二萬分之一日反步)：

甲、各區灌溉水與土壤之反應

多肥組：每盆施 $N1.50$ 公分， $P_2O_5 2.00$ 公分 $K_2O 2.00$ 公分
 少肥組：每盆施 $N1.75$ 公分， $P_2O_5 1.00$ 公分 $K_2O 1.00$ 公分

處理號數	每盆施		少肥組新株時 澆水及度 (六月十三日)	同組六月二十 日澆水反應	同組十月二十日 收穫後土質反應
	濃硫酸	碳酸石灰			
			PH	PH	P
I	50cc.	—	4.1	4.1	4.8
II	25cc.	—	4.9	4.8	4.9
III	—	—	4.8	4.9	5.9
IV	—	80g.	5.3	5.3	5.8
V	—	40g.	5.5	5.5	6.0
VI	—	50g.	5.9	5.8	6.0

乙、七月十一日每盆平均水稻莖數(兩盆平均)

品 種	少 肥 組						多 肥 組					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
愛國	6	14	<u>54</u>	89	84	28	5	29	<u>75</u>	54	46	<u>50</u>
大和力	5	16	<u>82</u>	27	22	14	5	10	<u>45</u>	19	23	<u>30</u>
豐國	9	8	28	23	22	17	5	15	<u>45</u>	33	30	<u>23</u>
福島	5	6	<u>30</u>	25	20	18	4	13	<u>44</u>	26	32	<u>29</u>
釜尾	5	24	<u>42</u>	37	23	23	5	27	<u>41</u>	39	38	<u>32</u>
白川	4	12	<u>41</u>	30	26	24	5	13	<u>52</u>	37	35	<u>28</u>

丙、九月十一日每盆平均水稻莖數(兩盆平均)

品 種	少 肥 組						多 肥 組					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
愛國	7	10	35	35	36	<u>44</u>	3	36	53	54	52	<u>58</u>
大和力	—	12	<u>22</u>	20	20	16	—	16	21	14	23	<u>31</u>
豐國	11	8	26	27	28	<u>28</u>	3	21	<u>42</u>	40	37	<u>37</u>
福島	8	13	<u>20</u>	21	21	21	4	16	<u>17</u>	27	31	31

龜尾	1	21	29	22	25	31	8	29	28	39	40	44
白川	—	11	17	18	26	27	4	17	41	35	8	43

丁、七月十一日各盆水稻平均株高(寸)

品 種	少 肥 組						多 肥 組					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
愛媛	79	91	122	121	115	113	46	109	125	129	110	113
大和力	97	143	195	179	177	149	52	129	195	164	172	157
豐後	79	101	137	132	140	132	58	101	169	168	154	149
福島	6	122	156	156	147	157	47	118	181	181	180	165
龜尾	4	127	154	152	144	137	53	128	158	158	151	150
白川	43	117	171	158	158	152	66	123	161	166	163	145

戊、九月十一日各盆水稻平均株高(寸)

品 種	少 肥 組						多 肥 組					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
愛媛	153	226	289	304	305	318	160	257	324	332	331	384
大和力	—	383	374	366	385	388	—	391	424	455	418	415
豐後	280	325	359	375	348	367	171	384	394	396	390	390
福島	383	347	367	379	380	366	285	388	340	406	407	374
龜尾	103	321	317	308	309	318	163	361	333	363	368	372
白川	—	303	334	349	343	341	200	331	369	363	353	353

己、籽實收量

以平均一盆之籽實收量與 VI 比較 (Ⅲ=100)

(a) 少肥組

品 種	I	II	III	IV	V	VI
愛國	5.0	52.2	83.2	92.0	89.2	100=57.0
大和力	0	81.9	153.1	138.9	127.8	100=36.0
豐潤	12.6	16.9	78.2	87.2	85.4	100=68.5
新島	29.6	25.7	87.0	91.0	87.2	100=65.25
船尾	0	41.5	78.7	10.3	82.0	100=61.0
白川	0	28.8	58.4	78.9	93.7	100=63.85
平均	6.2	41.1	89.1	94.1	94.2	100

(b) 多肥組

品 種	I	II	III	IV	V	VI 籽實量 公分
愛國	1.1	22.3	76.0	91.4	80.8	100=87.0
大和力	0	88.4	143.2	170.7	95.2	100=58.0
豐潤	14.3	45.0	110.2	90.7	99.3	100=70.0
新島	4.7	59.7	47.5	101.6	109.2	100=76.0
船尾	0	67.4	75.1	77.9	64.7	100=71.25
白川	2.1	89.8	118.9	78.2	85.6	100=71.0
平均	3.5	49.5	94.3	91.8	89.1	100

上列各表示 pH 值低者，水稻之生長情形與籽實產量均低劣。在少肥組中，I (平均 pH 值4.1-4.3) 之籽實平均產量僅當 VI (平均 pH 值5.9-6.0) 之6.2%，II (平均 pH 值4.3-4.4) 之籽實平均產量僅當 VI 之41.1%。在多肥組中，I 之籽實平均產量僅當 VI 之3.5%，II 僅當 VI 之49.5%。概言之，pH 值降在5.0以下，水稻之籽實產量已大行減少。由上列各表，吾人亦可見水稻抗酸之能力隨品種之不同而有異。豐潤與新島兩品種抗酸力最為強大，雖被酸感，猶能結實。以一般之情形言之，I、V、VI 之生長

最為良好，其 pH 值均在 5.8-6.0 之間也。

日本和國縣試驗場曾以不同量之石灰，施於水稻，而作試驗，經十五年之久。其平均稻得其籽實與蘆桿之產量。第十五年再分析各區之土壤。茲將其結果如下：

甲、石灰施用試驗成績（用無灰木樁，其面積為三平方公尺）

石灰用量	第十五年每區籽	十五年平均籽	第十五年每區蘆	第十五年
	實收量(公分)	實收量(公分)	實收量(公分)	籽實+蘆桿
無石灰	250.1	261.8	218.7	1.073
石灰 25	324.8	299.2	271.4	1.284
石灰 50	350.5	308.4	260.4	1.269
石灰 100	277.3	298.7	219.3	1.264
石灰 200	106.6	234.9	93.9	1.077
石灰 300	69.6	148.8	60.3	1.254

乙、石灰施用第十五試驗區土壤分析表(%)

區別成分	無石灰	每日段施石灰 25	每日段施石灰 50	每日段施石灰 100	每日段施石灰 200	每日段施石灰 300	
	水	2.05	1.90	2.29	2.10	2.17	2.12
全酸度	3.8	鹼性	鹼性	鹼性	鹼性	鹼性	
氮	全量	0.12	0.10	0.10	0.09	0.08	0.07
	有機態	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06
	硝酸態	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
腐植質	全量	1.35	0.93	1.31	1.31	1.10	1.07
	游離酸	0.12	—	—	—	—	—
水溶物	0.19	0.20	0.16	0.18	0.27	0.28	
灼熱自失量	4.45	4.52	4.79	4.90	4.78	4.72	
至 120°C	0.07	0.05	0.09	0.09	0.11	0.11	

產量	0.17	0.17	0.18	0.17	0.16	0.17
N ₂ O	0.39	0.45	0.51	0.52	0.51	0.51
CaO	0.9	0.65	1.04	2.40	5.17	5.65
PO ₄	1.00	0.93	0.96	0.93	0.97	0.95
腐植質	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.09
有效態N ₂ O	0.04	0.01	0.05	0.06	0.08	0.08
有效態CaO	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
有效態PO ₄	0.93	253	242	285	282	327
有效態腐植質	551	616	682	820	1097	1897

由上列列表可見，以十五年平均之籽實收量言，每日段施25貫，50貫與100貫者均相若，均係最高。在第十五年，則日施25貫與50貫者籽實與葉質之量均最高。每日段施200貫與300貫者，無論其十五年平均之籽實產量或第十五年之籽實產量均較不施石灰者為低。此可證明施用適量之石灰可增加水稻產量，施用過多，不但無益，且有害也。乙表示土壤所含氮素之量是隨石灰用量之增加而減少，磷酸之全量及有效態磷酸則隨之增加。加里之全量無顯著之變化。有效態加里則略有增加。施石灰者，土壤既為鹼性，不施者反之。施石灰者，腐植質含量隨石灰用量之增加而漸減。石灰含量則隨石灰用量之多寡而增加。氮素與磷酸之吸收力因石灰之施用而益增。

日本靜岡縣法政農會以無底圓筒作類似試驗，閱十二年。其施肥量係每日段施2.5貫氮素（內1.0貫係在堆肥狀態），磷量與加里各2.0貫。此外，每日施石灰，施80貫，50貫，及100貫石灰四項處理。初開始時，水稻產量隨石灰用量而增多，稻米之硬度與粗蛋白質含量亦如之。其後數年內50貫與100貫石灰者，其籽實產量與稻米粗蛋白質含量反較不施石灰者低。其歷年平均產量仍以不施石灰者為最低。分析土壤之結果，施石灰者，酸度低，含氮少，含磷酸多，含石灰多。加里含量則無明顯變化。第十年所分析之結果與前五年分析所得者，酸度低，含氮少，含加里少，含磷酸與石灰則甚多。其後五年所得之稻米，其粗蛋白質含量較前十二年所產者為高，當係因是年土壤含氮較富所致也。茲將其結果列表如下：

甲、石灰施用試驗成績

試驗區	第十二年		常年平均 每區收量	稻米粗蛋白質含量 %		
	每區收量	比率		第十二年	第十年	差
行石	53	100	49.89	8.48	9.48	-1.80
加用30貫石灰	55.07	1.5	53.38	8.57	9.79	-1.82
加用50貫石灰	50.0	94.8	51.59	8.27	10.71	-2.44
加用100貫石灰	52.5	92.5	53.20	8.14	10.86	-2.72

乙、石灰應用試驗區土壤之析浸（風乾細土中百分所含之量）

試驗區	全酸度		全氮素		全磷量		全加里		可溶石灰	
	第十年	第十五年	第十年	第十五年	第十年	第十五年	第十年	第十五年	第十年	第十五年
無石灰	1.2	1.35	0.23	0.27	0.067	0.051	0.11	0.20	0.17	0.165
加用30貫石灰	0.80	0.6	0.27	0.25	0.075	0.056	0.12	0.285	0.25	0.28
加用50貫石灰	微鹼	鹼	0.24	0.27	0.083	0.056	0.11	0.234	0.34	0.28
加用100貫石灰	微鹼	鹼	0.22	0.23	0.071	0.061	0.13	0.212	0.68	0.43

以上所述之研究結果，以及其他學者如黃瑞翰、梁逸飛等氏所得之研究結果，尚示施適量之石灰於水稻田，可以增加生產，如施過多則無益，甚至尚有害也。

10. 其他肥料。我國農民常喜施石膏於水稻田，每畝約施八至九斤。湖南農民有言：「一穀子須二斤石膏」。沿海農民尚有施食鹽於水稻田者。據福建省農事試驗場，每畝水稻田施五斤以下之食鹽，確可增收產量。閩北農民有以稻、糠、硫磺、木灰及菜子餅之混合糞，然插入田中。每畝約用1-2斤硫磺。浙江農民有施明礬於水稻田者，亦可增產。凡此種種，未經精確之科學研究，殊難言其詳也。

第二目 小麥之施肥法

每市畝400市斤小麥籽實及500市斤小麥莖桿之收穫物自土中抽取：

氮素 (市斤)	磷量 (市斤)	加里 (市斤)
---------	---------	---------

400市斤籽實.....	6.4	8.4	2
800市斤莖桿.....	8.6	1.6	7.2

小麥吸收營養素較小麥之生長稍速，最盛於春季，小麥根部之發展程度適於黑麥，並需要更多之肥料與耕作，但亦因小麥種類之不同而異。

1. 氮肥對於小麥最為重要，氮肥之施用量則視土壤種類，耕作種類，與前次施用肥料之情形而定，施用氮肥時須注意銹病問題。

我國農民多以堆肥，人糞，油餅等為基肥，按德國情形而言，秋季施用氮肥，僅需微量。如土壤情形良好，可以不需，在德國東部氣候寒冷，且晚熟小麥時，可完全不施，春季既至，作物開始生長之後則可施下。如早春過乾，所用氮肥非為純粹硝酸鹽，而係含氮與磷酸鹽之糞肥，可於春季一次施下，春季施用氮肥過遲，結莢稈葉少籽實收量，小麥抗旱之能力亦形低弱。氮肥種類與施用之時期與次數之選擇須以春季之雨量及其分配情形為參考。在乾燥之大陸氣候，磷酸鹽效力最佳，春季第二次施用之氮肥不可過晚，否則小麥抗旱之性能大形減退矣。

關於前作之種類對氮肥施用量之關係，W. Ben edwind 氏曾以甜菜與洋薯為前作而作試驗，渠以不施肥之小麥繼於不施肥之甜菜與洋薯，得結果如下：

	籽 實 市畝/市斤	莖 桿 市畝/市斤	收穫物中氮素 市畝/市斤
前作：甜菜不施肥	844	488	6.94
前作：洋薯不施肥	468	710	9.66

繼洋薯之後之小麥，較繼甜菜之後者，籽實多124市斤，莖桿多222市斤，自其吸收之氮素言之，繼洋薯後者，其所吸收之氮素較繼甜菜後者為多，為施用洋薯及甜菜之肥料之量相等，則種小麥時，繼甜菜之後者所施之氮肥應較繼洋薯之後者為多。

當然，小麥種類有異其利用氮素之能力亦不同，不可不注意也。

2. 磷肥。按德國情形言，如前作為根莖作物，施用磷肥至多，種植小麥時可少用磷肥。如以小麥繼甜菜，則播種當遲，亦無施用人工肥料於秋季之

必要也。

8. 普通土壤不缺加里，小麥需要加里之量稍多於黑麥，但普通土壤中之加里常足以應小麥之需要，不足者可稍施鉀肥以補之，不必按小麥從土中抽取加里之量而補充之也，至於鉀肥之種類，隨便即可。

1. 石灰肥料，小麥土壤之適宜反應如下：

級	O. Arrhenius氏	L. Hiltner氏	M. Trénel氏
冬小麥.....	6.8—7.6	6.8—8	6—7
夏小麥.....	6.6—7.3	—	6—7

由上表吾人可見小麥需要中性以至弱鹼性反應之土壤，而後始得良好生長，石灰最宜施於根莖作物，僅在必要時始可施於小麥。

第三目 大麥之施肥法

每市畝400市斤大麥籽實之收穫物，據Th. Remy氏，每月自土中吸取之營養素量有如下表：

每月需要 市斤/市畝

	氮素	加里	磷酸		氮素	加里	磷酸
四月	.80	.80	.25	六月	4.0	8.7	1.60
五月	4.80	6.4	2.5	七月	.98	.66	.58

大麥根部吸取營養素之力不強，故需易於溶解之營養素。其吸取營養素之作用最盛於孕穗期之後，大麥用途不同，有作飼料，有作釀造啤酒，其施肥方法亦異。

氮肥。大麥稈細，易於倒伏。釀造大麥，籽實大小應齊一，蛋白質含量應少，澱粉含量應多。籽實色應淺淡，根芽力應強，以故，種植釀造大麥，所用氮肥，磷肥，與鉀肥之量務應適當。氮肥不可施用太多，能利用土壤固有氮素，而稍稍補充以少量之人工氮肥，則為最優。故以德國情形而言，根莖作物係釀造大麥之良前作。

如大麥成熟時，缺乏水份，則氮肥之效率大為消滅，圖在此情形，大麥之蛋白質含量不因施用氮肥而增加也。據H. Wiesmann氏之研究，氮肥

對於大麥蛋白質之含量並無明顯之影響。水、氮素、磷酸與加里之交互作用對作物品質之影響少有甚大。限選大麥者。如欲釀造大麥於深厚壤土，則對氮素之施用量可無須過於注意，因此種土壤對氣候與水份之影響能加調劑故也。

於深厚之大麥土壤不可施清酸鹽，氮肥對作物之作用不強，最宜於中性之大麥土壤。硫酸銨之生理酸鹽對大麥常無危險，因按德國情形，大麥之前作恆為曾經施用石灰之甜菜與洋蔥也。氮肥之兼含氮與磷酸鹽者，作用迅速，且能持久。純粹之磷酸鹽能於短期之內，供應大麥之需要，但常增加大麥之蛋白質含量，是其劣點。按德國普通情形，種於根莖作物之後之釀造大麥，每市畝恆受6.0市斤之氮素。

施用氮肥於飼料大麥，不必注意蛋白質含量之問題。氮肥之量可以倒伏危險為界限，種植多大麥。須知多麥在秋季所吸收之營養素較各黑麥為多。

2. 磷肥。大麥吸用磷酸之力甚弱，故施用磷肥宜多，且須選擇溶解性大者，如過磷酸石灰。H. Neubauer氏以大麥生長長期僅能吸用上壤中根可溶之磷酸百分之二十，其他穀類作物則可吸用至百分之三十三，中常之磷酸施用量約為每市畝八市斤。如以大麥繼施用氮磷肥甚多之根莖作物之後，則可減少其磷肥施用量。

3. 鉀肥對於大麥亦甚重要，在穀實作物之中，大麥吸收土壤加里之能力至小。H. Neubauer氏以大麥在其成長期中僅能吸收土壤中根可溶之加里百分之十二，小麥百分之十五，燕麥與黑麥百分之二十，此種數值雖非絕對，但可供參考。加里能增高大麥籽實之品質，加多其澱粉含量，減淡其顏色。大麥莖桿之堅韌度亦因之增加，而不易倒伏。

加里之施用量，視土壤之加里含量與前次施用鉀肥之量，種類，方法與時期而定。至其鉀肥狀態之選擇，鉀硫酸無異於濃厚之鉀鹽。根據德人之試驗，鉀硫酸之效比較濃厚之鉀鹽為佳，但其施用期勿過靠近播種期，於重土則以施用濃厚者為佳，因其對土壤性質無疑也。

4. 石灰肥料。大麥於中性以至弱酸性之土壤，欲得良好之收穫，其土壤須有以下之反應：

種	L. Hiltnier	M. Légnel	G. Olsén	S. Oqvist	
大麥...	-1.8	6-7	7-8	6.5-8	7-9

據德國情形而言，大麥帶根莖作物之後，故無須直接施以石灰肥料，種植洋薯不可直接施用石灰，法以大麥繼洋薯之後，則可於播種前施用生石灰。

第四節 黑麥之施肥法

黑麥生長所要求之條件不多，一、因其有發展良好之根部，能儘量吸用土中營養素，二、因其所需要之營養素不多，故係一省費之作物。黑麥非適合於各種土壤及各種氣候之影響。其所需之水不多，因黑麥初期發育，即頗暢茂，利那之間，覆蓋全田，減少土壤水份之蒸發，又發芽甚早，能良好利用冬季之雨。是終黑麥之蒸發量較爲低。故黑麥能耐長久之旱期，如德國七八月甚至六月間所常有之情形，黑麥尚有能在低溫生長之優點，故易於克服雜草之勢力。

100市斤黑麥籽實與 200市斤黑麥稈之收穫物自土中抽取約 2.5 市斤氮素，1.5市斤磷醯，與8.0市斤加里。蓋澤之區若多，此種數目即行變異，10市斤籽實抽取1.4市斤氮素，0.85市斤磷醯，與0.6市斤加里。800市斤稈稈抽取1.5市斤氮素，0.78市斤磷醯，與8.0市斤加里。

G. Liebscher氏與 Th. Remy氏對於黑麥吸取營養素之時期曾作有研究。Th. Remy氏以每市畝收穫400市斤爲假設，計算其每月所吸取之營養素數目如下：

	氮素	加里	磷醯		氮素	加里	磷醯
	市斤/市畝	市斤/市畝	市斤/市畝		市斤/市畝	市斤/市畝	市斤/市畝
三月	1.6	2.5	0.6	八月.....	—	—	—
四月.....	3.9	5.5	1.6	九月.....	—	—	—
五月.....	2.1	2.7	1.2	十月.....	0.3	0.1	<.1
六月.....	2.5	1.2	1.1	十一月...	0.4	0.3	<.1
七月.....	1.9	0.6	0.8				

德國農人尚有施有機肥料於黑麥者，其實此等係屬錯誤。黑麥不能良好利用有機肥料，因其最需要氮素之時節係在春季。在經土，氮素易於消失。如有機肥料在黑麥播種時尚未大分解，則其功用更遜，如肥料性質不佳，施用前經，或施用綠肥，則黑麥初期生長不盛，難於覆蓋全田。土中如有死肥，綠肥物留，則孔氣多，使黑麥易罹凍害。

1. 施用人工氮肥時，吾人須注意四點：(a) 黑麥係一富貴作物，易適於多種土壤。(b) 黑麥之外，黑麥之根部分發展最良。(c) 與其他穀實作物比，黑麥之生長期稍長，因其在氣溫低時已開始生長。(d) 黑麥吸用大部之營養素於春季，約於小麥前十四日此乃就德國情形而言也。

氮肥用量視土壤種類，前作種類，前次所施之有機肥料種類與時期而定，種植黑麥於輕土時最須注意者，係水之問題，如水份缺乏，施用氮肥，慎勿過多，以致黑麥初期發育過盛，嗣後又不能供給充份水份，使其成熟，如水份不生問題，則氮素可施至倒伏界限為止，但猶有一點須注意者，倒伏界限常隨氣候變遷而異。

黑麥吸用營養素之過程之研究顯示吾人氮肥之施用期，黑麥在秋季對氮素之需求，土壤之存積量常足供應之。如土壤不良，則每市畝可施1.3市斤氮素。如氮素施用過多，冬季流失之量亦大。Laube氏在1910/21年在Petkus之乾草沙上曾作肥料試驗，得以下之結果：

不施肥	每德畝得1.20公石籽實
秋季施10公斤氮素	每德畝得1.88公石籽實
春季施10公斤氮素	每德畝得2.64公石籽實

氮肥最應於早春施下，早春之時，小心觀察，如蘗已成，即可施之。氮肥之施用期有視於土壤，亦有視於氣候。德國東部，氣候寒冷，黑麥於秋季氣候轉寒之時，即停止生長。春天既到，寒霜已消，施用氮肥，最為適當，德國西部，氣候和暖，雖在冬季，黑麥猶能滋長，故大部氮肥可早施下。

氮肥如兼含氮與磷酸鹽，其效迅速，能持久。施用時期宜早於黑麥開始生長之時，因黑麥生長一行開始，立即需氮，不應使其缺也。如專用磷酸鹽，則須分次施予。Laube氏在德國Petkus城曾作將磷酸鹽分數次施予之試驗，每市畝共施40市斤磷酸鹽。第一次6市斤於早春黑麥開始生長之前施下。第二次施於三月以至四月初，末次施於四月中旬。大量氮素之流失因之可得避免，黑麥又可在其必要之時期得到氮素。如在重土，春季雨水不易將氮肥流失，可將氮肥作一次施下，但勿用磷酸鹽。總而言之，吾人應設法使黑麥開始生長時即有充份之營養素，寧可早施，流失少許，不可施用太晚。如以硫酸銨或磷酸銨為速肥，而又施用太晚，年時又乾，則歸於徒勞。土壤過乾，不能吸氮，氮素因之逸失，黑麥因之而有缺氮之虞。

2. 施用磷酸於黑麥之量，視後者在輪栽制中之位置而定。如種黑麥於洋

著之後，則種洋薯時施用大量之磷酸，仍有一部遺留土中，復可為用，故此時每市畝施4市斤磷酸即可。按德國普通之輪栽制，常以燕麥與根莖作物，以黑麥繼燕麥，種燕麥時不施磷肥，種黑麥時，可施八市斤磷酸，至於選擇過磷酸石灰抑為馬斯磷肥，則以其價格為定。根據舊日之經驗，輕土用湯馬斯磷肥，頗為適當。

8. 在輕沙土與凝結土上種植黑麥，須施鉀肥。土壤常含鉀甚富，無須再施鉀肥。決定鉀肥之施用量應參照磷肥之後作用，在輕土可用鉀瀉鹽，秋季施下，愈早愈佳，避免其傷害幼芽。在此情形，秋季播種之前，可將湯馬斯磷肥與鉀瀉鹽同時施下。輕土之上，加里流失仍應注意，選用湯馬斯磷肥與鉀瀉鹽則較佳也。尚須注意者，吾人不可施肥於薄雲之上，蓋雲將因之溶解，使作物失其保護物，雲水溶化肥料而聚集之於澗，為害作物，危險殊甚，如田間試驗或土壤分析之工作證明加里對某土壤有所裨益，則可施以40%鉀鹽，如有壤土，無須按收穫物吸取加里之量而施之也。

4. 普通言之，石灰對黑麥無大益處。黑麥能耐弱酸。據 Olsen 氏，黑麥土壤之適宜反應為 PH 6.25。有數位學者示黑麥土壤之適當反應如下：

O. Arrhenius L. Hiltner M. Trénel G. Olsan

5.0-6.0 5-7 4-7 6.0-6.5

土壤愈黏重，其反應愈靠近中性。

第五目 燕麥之施肥法

燕麥喜雨量豐富，溫度中常，春季早降之地點，其根部吸收營養素之能力至大。400市斤籽實與580市斤莖稈之收穫物自上中抽取11.2市斤氮素，5.市斤磷酸，與11.9市斤加里。根據 G. Liebsher 氏之研究，在生長期之初，燕麥已吸收大量之營養素，其吸收營養素之作用，在開花期，幾已停止，以燕麥與夏大麥較，燕麥之幼小期發育頗緩，吸收之營養素亦少。燕麥在乳育前六至八星期中之營養素之需求甚不大，但嗣後忽然勃長，其吸收氮素之作用自開花期起開始下降。

根莖作物之外，最能利用綠肥者厥為燕麥。燕麥與根莖作物均係消耗土力最多之作物之代表。

1. 氮肥。燕麥最能利用氮肥。初降之燕麥能耐並能用大量之氮肥。燕麥之質不為氮肥所破壞，故可施至倒伏界限。此種數量亦有視於土壤種類，前作種類，與前次有機肥料之施用期而變給可定，燕麥利用氮素之能力隨種類

之不同而大異。

Pethus 城農業試驗場曾作燕麥施肥法之試驗完全，肥料用50公斤硫酸，150公斤鉀瀉鹽，或相當數量之40%鉀鹽，100公斤過磷酸，或雷蘭那肥 (Rhenaniaphosphat)，250公斤鐵渣石灰。茂苗每畝，五年施用一次，澆肥與綠肥則每區均施用之。

Pethus 城農事試驗場之燕麥施用法之試驗結果 (五斗公斤為單位)

收穫之年	完全肥料	石灰	氮	磷	鉀
1905.....	8.75	9.00	6.0	8.8	9.15
1912.....	13.50	18.50	11.65	18.15	13.20
1916.....	17.30	15.60	8.70	5.95	11.05
1919.....	12.70	11.15	7.80	14.30	11.20
1922.....	11.75	12.2	8.10	11.65	10.70
192.....	11.07	11.34	8.76	11.9	9.2
平均：	14.28	14.39	8.88	11.91	12.15

此試驗示50公斤硫酸銨平均產生250公斤燕麥每畝。

燕麥對氮肥狀態並不苛求，作用遲緩之氮肥亦可以用。W. Schmidt 曾，在穀作物中，燕麥係最能利用氮之作物。如以石灰灰氮素為條件，則宜用宜早，因氣候若乾，其效不著，收穫即晚。氮肥之兼含氮與磷或鉀者，效力特佳，因燕麥幼小之時吸氮不多，如用此類氮肥可一次施下，如用硫酸銨氮肥，須分二次。第一次施於播種前，另一次係作追肥。

3. 磷肥。燕麥根能吸土壤磷酸之力特強。如種前作時曾施大堆磷肥，種燕麥時可不必施。此亦有視燕麥在輪栽制度中之位置而定。如燕麥係種於根莖作物之後，土壤為輕沙土，則必須施用磷肥。如燕麥係種於曾施大堆磷肥之根作物之後，則不必再施磷肥。

3. 鉀肥。燕麥最能利用土壤加里。在普通土壤栽培燕麥，常無再施加里之必要；在沖土或聚積土，則應施鉀肥，用單高磷即可。

4. 石灰肥料。燕麥土壤之適當反應為：

據：	L. Hiltne 氏	M. Trénel 氏	S. Oswald 氏
燕麥.....	5—8	5—6	5—6

燕麥，黑麥，與洋薯在弱酸性土壤猶能良好生長，燕麥非必於酸土，而後生長始能良好。在中性土壤而得最高收穫量之燕麥亦常見之事，此皆係於重土為然。燕麥土壤勿施石灰。如土壤緩衝力不大，施用石灰，反有危險。燕麥經直接施用石灰之後，易罹乾斑病（Dörrfleckenkrankheit）。

第六目 玉蜀黍之施肥法

按德國之情形，一中常之玉蜀黍收穫物自土中抽取：

	灰份 市斤/市畝	氮素 市斤/市畝	加里 市斤/市畝	磷酸 市斤/市畝
440市斤仔實	8.8	4.9	1.1	1.7
400市斤葉棒	17.4	8.0	6.5	1.2
180市斤石穗	0.8	0.4	0.1	0.1
總共	21.8	9.1	8.0	8.0

玉蜀黍係一般實作物，其吸收營養素之作用，對營養素之需求均似根莖作物。Lieber 氏示玉蜀黍之肥料應一如根莖作物之豐富。按德國情形，玉蜀黍吸收營養素最多之時為七月與八月。

玉蜀黍最能利用厩肥與綠肥。玉蜀黍無倒伏之危險，故可多施厩肥與綠肥。栽培玉蜀黍應否再施氮肥，須視所施之厩肥之量與質而定。如曾施用大量厩肥，則鉀肥與磷肥亦可以免。如土壤不肥，施用有機肥料不多，則各種營養素肥料均應施用。如不施有機肥料，可於每市畝施98市斤氮素，40市斤過磷酸磷肥，與約80市斤40%鉀鹽。如以硫酸銨為追肥，須注意鉀質，其與玉蜀黍葉接觸，否則後者即變黃色。

第三節 根莖作物之施肥法

第一目 洋薯之施肥法

洋薯喜空氣流通，含水充份之疏鬆土壤，其塊莖在其中結得最佳發育。以故，壤土沙土，沙質壤土與黑土皆適於洋薯。生於此類土壤中之洋薯，其

塊莖具正常之乾物質及澱粉含量。粘質壤土常含水過量，對於洋薯塊莖中澱粉之生成頗不適宜，且使其易於腐爛。如欲栽培洋薯於此種土壤，事前須多施石灰，多加耕犁。過於輕鬆之土壤雖能生品質良好之洋薯，但其產量常不能高。

洋薯自土中可抽取之營養素量較觀賞作物為多。I. A. Stebut 氏計算，如每市畝產洋薯塊莖2000市斤與燕麥籽實200市斤，則其自土中抽出之營養素量有如下列（市斤）：

	N	灰份	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅
洋薯（塊莖與葉）……	8.0	25.9	19.8	2.9	3.7
燕麥（籽實與葉）……	4.9	16.8	8.5	1.4	1.7

在同一之土壤中，洋薯所吸收之營養素較小麥為多。因其根部吸收力較為強大，生長期較久等故也。洋薯灰份之中，加里最多。雖然如此，洋薯所附之磷氮肥料較加里肥料為多。此蓋因土壤所含加里之量常甚豐富，在畜牧發達之國家，農作物之糞尿常製為腐肥，施於土中；糞尿含加里甚富，在我國，農作物之糞尿常燒為灰，施於土中，故土壤損失加里不多。

栽培洋薯於沙土，鉀肥甚為重要，因此種土壤含鉀甚少。

腐肥於洋薯特為適宜。洋薯在其生長初期所需之營養素不多，且可抽取於其種薯。夏季既至，抽取之營養素始多。此時腐肥分解亦盛，恰可供給之。洋薯生長期甚長，腐肥之效力則緩，與之配合，故甚適宜。

於重土中種植洋薯時，施用糞肥最為重要，於輕土，則綠肥可以代替腐肥，其効時或較糞肥尤大。

1. 施用石灰時須使 (a) 土壤有適宜之反應，(b) 注意洋薯生癭瘻之危險。施用石灰於洋薯，自物理，生物，及化學之作用，於輕土，吾人對土壤反應之影響應特加注意。洋薯能耐弱酸，吾人於100年前已知之矣。M. Trénel 氏以 PH 5-6 為洋薯土壤之適宜反應。土壤愈枯瘠，反應愈應趨中性，土壤亦應多含石灰，以使洋薯在此土壤能得到適宜之環境，尤其係指土壤空氣與土壤濕。相同之弱酸反應在含腐植質甚多之沙土對洋薯無害，在重土有害。

施石灰於種植洋薯之土壤，以用磷酸鈣為最佳。如欲避免洋薯在輕

十年癩瘡之危險，則應於洋薯發芽生葉之後，施予石灰。此時不可用碳酸鈣，而應用磨碎之生石灰。

如一農場有不同之土壤，並兼種甜菜與洋薯，則吾人易察得具對酸鹼之靈敏性。J. Hudig 氏曾在各溼土壤輪栽制中，屢次察出小量硫酸鉀能防止鹼性土壤反應之劣影響，及施用生理酸性之人工肥料對此劣影響亦有抑制之効力。

2. 施用磷液肥料，吾人可注意者：(a) 洋薯吸用磷液之能力較強。(b) 廐肥所含之磷液，對於洋薯，効力至大。(c) 磷液不至為水所沖失。

洋薯吸收磷液之能力至強，故許多用洋薯為田間試驗研究均示，如施用大量廐肥，附加磷酸肥料恆無利可圖。W. Schneidewind 氏在 Lauscha 地台作一實驗，發現附加磷酸肥料係有利之舉，Eichinger 氏及 O. Nolte 氏所得之結果與之相同，渠等經四年（1922—1925）之試驗，施予廐肥與綠肥之後，每市畝補施6市斤之磷酸，使收穫量與利益俱行增加。以德國一般情形言之，施少量之廐肥時，再補施磷酸，可以獲利。若已施大量廐肥，則無補施磷酸之必要矣。

磷酸肥料，若施用得當，不至流失，其効力能延數年之久。如本造作物未將所施磷酸完全利用，則後作仍可利用之，故吾人可於種植甜菜及施用其他人工肥料最多之作物時，施予大量磷肥。此種作物中，洋薯其最者也。為求得到最豐收穫量起見，種洋薯時，每市畝可施5.5—6.7市斤之磷酸，施用過磷酸石灰抑湯馬斯磷肥，則有決於土壤種類與土壤反應，如種旱洋薯，則以過磷酸石灰為上，因旱洋薯生長於旱地故也。

3. 施予加里肥於洋薯時，吾人可注意者有：(a) 洋薯對加里之需要。(b) 洋薯吸用加里之能力較甜菜為弱。(c) 洋薯對氮素之靈敏性。(d) 應用加里不得其法，常減低收穫量。(e) 洋薯能良好利用廐肥所含之加里。●

廐肥所含之加里，對洋薯至為重要。綠肥所含之加里亦然。用綠肥時將下土之礦物質積聚於表土，非如施用廐肥之係將加里加於田土。施用2700市斤廐肥，即將18.4—16市斤純淨加里加於土中。據 Th. Régnier 氏言，此種廐肥加里對洋薯，効力至大。W. Schneidewind 氏之廐肥加里之為植物利用者達60%。廐肥加里及綠肥加里之効力視其種

生長因子而定，尤其係氮素營養情形。

Th. Remy 氏曾施於洋薯之加里狀態，至關重要，渠曾以各種狀態之鉀肥作九年之試驗，得結果如下：

鉀鹽

	鉀鹼鹽	40%鉀鹽	硫酸鉀	硫酸鉀鎂
(a) 一市斤加里能生下列產物數量(市斤)				
洋薯	28	35	35	36
澱粉	1.0	3.9	5.6	6.0
(b) 澱粉含量 + %				
百分數	-2.2	-1.3	+0.2	+0.8

Th. Remy 氏據其所搜集之經驗曾作以下之結論：

1. 氮素如施于過多，影響洋薯之澱粉含量，並減低總收穫量。如氮素超過某種量數，收穫量始行減低，澱粉含量則於稍有氮素時，已開始降低。
2. 鉀鹼鹽只可偶施於食用洋薯，因其價格與澱粉含量無關。
3. 在濃厚之鉀鹽中，以40%鉀鹽為最廉。硫酸鉀所增之收穫量與40%鉀鹽較，相差無幾。
4. 種植工廠用與乾燥用之洋薯，須使其含大量之澱粉，則以施用硫酸鉀為上。
5. 如底肥所含之加里足應洋薯之需要，或無需大量之施肥時，吾人對選擇施肥之條件，可以稍為隨便。

施肥期對於鉀肥之選擇，亦關重要。如吾人能於冬季或年初即將鉀肥施於經土，則鉀鹼鹽亦可用之。但依德國一般情形而言，種洋薯之田常在離播種不久之前始能耕犁，而後施肥。在此種情形，則以硫酸鉀為上。如農人不能常用硫酸鉀，而又需要澱粉含量甚多之洋薯，則可用40%鉀鹽，於播種前數星期施于之。吾人如注重洋薯之澱粉含量，則吾人必須於種前作時即將應施之加里全數施下。此種施法，近人當採用之。

O. Nold 氏曾報告渠對施用硫酸鉀之經驗。渠以40%鉀鹽與硫酸鉀榮

爲試，發見鉀濃確成40%鉀鹽如施用節遜，洋薯之澱粉含量即行減少，硫酸鉀則無關係。

施多少之鉀肥始爲有利，須視土壤之可利用之加里含量而定。但土壤之可利用之加里含量變異甚大。底肥之量與質對於加里問題甚有影響。加里之施用宜應視其他植物生長因子而定。一切植物生長因子愈佳，鉀肥之功效愈著。水之關係愈佳，氮素之量愈足，則鉀肥亦應多施。鉀肥施用過多存減少收穫量之危險。如遲施用，此種現象愈易產生。Th. Remy 氏謂遲施鉀肥並非在任何環境下皆可行之事。

每市畝收穫2600—3800市斤洋薯，可施2300—4000市斤糞肥之外，再施8—10.6市斤加里。每市畝收穫4000市斤之洋薯，則須用13.8市斤加里。如不用糞肥，僅用綠肥，則收肥4000市斤洋薯，須施13.8—21.3市斤純淨加里。此種數目，非在任何環境下皆能實用，聊資參考而已。

4. 施用氮素肥料時須注意者有以下數點：(a) 在有機狀態下，所加入土壤之氮素。(b) 洋薯吸收氮素之作用，進行除稜。(c) 洋薯係吸氮植物。(d) 氮素影響滋味，種籽之價值與貯存性。洋薯自有機質肥料吸用大量氮素。土壤中之腐植質，亦能供給氮素，因中耕洋薯時，土壤疏鬆，腐植質易於分解。按土壤種類，土壤狀況與有機之不同，在「蔽下之洋薯土壤中之吸氮微生物之活動力，亦多寡增強。補施人工氮素肥料之量應視前作之種類，有機肥料之質與量，土壤水之情形而定。氮素肥料對洋薯生長之影響，與一切其他天然因子，較最爲顯著。洋薯係最能適應環境之作物。施中量之糞肥後，再施6.7市斤氮素，係最微小之量。如其他因子均能良好互起作用，則可施8—10.6市斤純氮。

氮肥以氯化物爲最上，而以氯化氮爲例外，洋薯能良好利用氮，硝酸鹽類之肥料不能適之也。如土壤中，促煤作用與微生物作用至強，則一部之氮可用石灰氮素。此種肥料與加里混合，及早施撒。如有機肥料分解緩慢，不能應洋薯早期需求，則可用兼含氮與硝酸鹽之肥料。兼含氮與硝酸鹽之肥料最適爲洋薯之追肥。

Th. Remy 氏示每市畝收穫4000市斤之洋薯，其吸收營養素之經過有如下表：

	每市畝之需要市斤	每月之吸收量 (每市畝市斤)									自播種日起 吸收營養素 之日數
		三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	
氮素	19.8	—	—	3.88	4.8	8.1	8.1	0.5	—	—	150
加里	41.2	—	—	6.10	7.8	17.9	7.6	2.8	—	—	150
磷酸	8.9	—	—	1.20	1.7	8.6	1.7	0.7	—	—	150

上表示「薯須有不新之氮素供給，故用氮素肥料為追肥，許要良善。如吾人全以硫酸銨為人工氮素肥料，可以其半施於播種之時，其半作為追肥。施用追肥時期，應視洋薯之成熟期，雨量之分配，與所施有機肥料氮素作用之速度而定。

施肥於早播薯時，吾人須知早洋薯生長期極短，其吸收營養素係在五、六月或七月之一部，約65日（德國情形）。所施之有機肥料應充分分解，氮素肥料應在硝酸鹽狀態，磷酸應在過磷酸石灰之狀態，加里應在硫酸鉀之狀態。

Hölscher-Bärs 氏言施予中位氮素肥料於留種用之洋薯，不但不損害其質，且能改良之。但種植此種洋薯時，

第二目 甜菜之施肥法

甜菜需含營養素甚富，不太緊密之深厚土壤，沙質壤土與黑土最適於甜菜。壤質沙土須具充足之水份與營養素者方可。沙土過於貧瘠，其上層又富於水，有礙甜菜種籽之發芽，故不適宜。甜菜種籽又不可播種過深。重壤土易變泥濘緊密，甜菜幼苗在其中生長不易，且難於中耕，故亦不適宜。石灰質土壤常阻礙甜菜根部之發展，使之分枝而減產量。常積水之土壤，延遲甜菜之成熟期，並減低其含糖量。新墾土亦不宜於甜菜。

甜菜自土中抽取之營養素，為量至大。Th. Remy 氏按德國之較高產量計算，各農作物自每市畝土中抽取之營養素量有如下表：

	N (市斤)	K ₂ O (市斤)	P ₂ O ₅ (市斤)	CaO (市斤)	MgO (市斤)
18-20市斤甜菜(連葉)...	27.0	84.0	10.4	12.8	9.8
2370市斤洋薯(連葉)...	14.1	22.8	5.3	8.5	5.8

6670市斤飼料蔬菜(洋菜)	28.0	88.6	8.9	7.2	8.0
800市斤黑麥	11.5	11.0	5.1	2.9	1.8

由上表可見甜菜自土中所抽取之養分，略少於飼料蔬菜，而幾達洋麥抽取量之倍。

甜菜之肥料亦以腐肥為最重要。惟單獨施用腐肥，氮素常過多，而磷鉀不足。結果，延遲其成熟期，減少其含糖量，並增加其汁中非糖物之含量。故須以磷鉀肥濟之。

1. 石灰肥料對於甜菜，為次要，因甜菜不喜弱酸性土壤也。在酸性土壤中，甜菜力期發育過速，而量亦隨。欲使甜菜生長良好之前提，土壤反應至少需為中性。甜菜生長最好於 PH 7--7.5 之土壤。粘土須 PH 7，重土須 PH 7.5。施有石灰土，危險不大，因此種土壤具較大之緩衝力。M. Trenel 氏示甜菜生長與土壤反應之關係如下：

根據甜菜之體積與平均收穫量而決定之生長狀況	察得之次數		
	<6.0 弱酸	6.0—6.9 中性	7.0—7.9 弱鹼
好以至極好	—	47	22
滿意	5	28	—
不滿意	47	2	—

將以上結果計算為總觀察次數之百分數，則得以下之數目：

生長情形	PH5	PH6	PH7	PH8
	弱酸	中性	鹼	
良好	3%	51%	15%	
不良好	80%	1%		

愈近中性，甜菜之生長情形愈常良好。

鹼性試驗亦有關於甜菜之生長。W. Krüger 氏示甜菜之心腐病 (Herzblaus) 常生於鹼性土壤。乾燥之炎夏中常有之(德國情形)。

施於重土，以生石灰為最佳，因其効速且著也。石灰係土壤之肥料，而非

植物之肥料。施於黏土可用灰泥岩與碳酸石灰。用前磨碎，以便施撒而增効力。甜菜土壤須每五四年即受化驗一次，以便及時施予石灰。在黏土，德國農人常撒石灰於地面，嗣於播種前耕犁時，將其耕於土中。磷石灰與播種之時，常至少相距三星期，以防前者妨礙種子發芽，並影響氮肥與過磷酸石灰之効力。如不克爲此，則應將石灰耕於土中稍深之處，然後播種。

2. 磷肥。如每市畝收入5300市斤甜菜，400市斤甜菜與10%收穫殘物，則此種殘物，據 Th. Remy 氏之計算，含9市斤磷酸。H. Neubauer 氏估計7300市斤甜菜平均吸用8市斤磷酸。如每市畝產量爲4000市斤，則每收穫物費用約6市斤之磷酸。

幼小之甜菜需大量溶解性之磷酸。H. Neubauer 氏計算甜菜在生長期中吸用土壤所存蓄之根可溶磷酸總量之88%。此種數目，自“按土壤種類，土壤狀況，與土壤反應之不同而異”。吾人計算所施之人工磷酸肥料之數目時，應先估計土壤之磷酸含量與有機肥料之磷酸含量。甜菜喜磷酸，故德國農人皆以大量人工磷酸肥料或人工磷酸肥料與有機肥料相混合而施予之。其量之多，其後作如非需磷甚多之作物如大麥，則常無再施磷肥之需要。磷肥不易流失，可保留土中，以供次造之用。

施予頂上之磷肥，以過磷酸石灰爲最佳。但據 H. Niekla 氏，A. Strobel 氏及 K. Scharrer 氏之研究，過磷酸石灰非盡較其他磷肥爲佳。但幼小甜菜需易水溶性磷酸。過磷酸石灰，在此有穩定之價值。

如吾人對於土壤之磷酸含量不甚知曉，則每市畝收4000市斤甜菜施4000市斤磷肥者，普通可補施8市斤磷酸。此種過多之磷酸遺留於土中，可供後作之用。後作如係需磷不多之作物如燕麥，則可以完全不施磷肥。

8. 鉀肥。據 Neubauer 氏，每市畝產4000市斤之收穫物自土中抽取25市斤加里。此種數目隨葉與土壤中加里含量之不同而異。甜菜多種於易供給加里之土壤中。甜菜吸用土壤中加里之能力較洋薯爲強。以故，種甜菜時，要鉀肥可不及種洋薯時之注意焉。

施用鉀肥於洋薯時，吾人對加里之狀態至爲考究。施用鉀肥於甜菜則否，因鉀肥所含之其他鹽類對甜菜之生長並無影響也。A. Jacob 氏之試驗示施未加工之鉀礬石與濃厚之鉀鹽於甜菜，効無二致。氯化物對甜菜並無害處。Th. Remy 氏與 M. Maercker 氏均發現甜菜所吸收之氮素約有90%係進入葉中。

施用鉀肥於甜菜時，應用原鉀礦石或濃厚之鉀肥，則以土壤之輕重為定。重土以濃厚鉀肥為佳，因原鉀礦石損害重土之構造至易也。輕土以鉀礬為佳，取其價廉，施用容易也。鈉鹽與氯化物對甜菜毫無害處。近來所育之甜菜新種，多使氮素易入於葉，停積於斯，不與甜菜汁相混合。時亦有人實驗得原鉀礦石中所含之雜鹽能稍增加甜菜之收穫量者。

鉀肥之施用量視土壤之加里含量與鹿肥之施用量而定。施用鉀肥不可太省，因多餘之鉀肥非完全流失。即有流失，其損失亦少於收穫物減少之損失也。

4. 氮肥。上次大戰前，德國農民多以智利硝為甜菜之氮肥，每市畝用 8—10.6 市斤氮素，分三次施予。最後一次須施於六月十五日之前。亦有用氮過磷酸石灰代替智利硝之一部，於播種時施下，而後用智利硝為追肥者，今日德國之甜菜施肥大與前異。今日德人對甜菜施肥注意以下數點。(a) 甜菜係用硝酸根之植物。(b) 甜菜吸用氮素以夏季之中為最盛。(c) 種植甜菜之要訣係助使甜菜於幼壯時期儘量生長。(d) 種植甜菜需大量人力，畜力，與機器力，故氮肥費用，應勿顧及，須大量施用。(e) 施用大量氮肥於甜菜之危險不如穀實作物。(f) 甜菜係不能省費之作物。

據 Th. Remy 氏之估，1000 市斤甜菜與其葉含 4.8 市斤氮素。如以 10% 為其收穫物之殘餘，則總收穫物共含 47 市斤氮素。據此，每市畝之收穫物如以 4000 市斤甜菜與葉計算，則含 18.7 市斤氮素。Bernburg 域農事試驗場所得之結果，亦此亦相若。以一市畝收 5040 市斤甜菜計，則其吸收之氮素為 21.9 市斤。如氮素施用過多，則葉之產量增加，甜菜亦不能成熟，其吸收之氮素亦多。Th. Remy 氏言，5800 市斤甜菜與 5800 市斤之葉含約 28 市斤之氮素，5300 市斤甜菜與 3700 市斤之葉含約 22.7 市斤氮素。

Th. Remy 氏示 8800 市斤甜菜在各月份所吸收之營養素量如下：

	五月 市斤	六月 市斤	七月 市斤	八月 市斤	九月/十月 市斤	吸收之日數	總量 市斤
氮素	0.8	6.28	11.20	2.70	4.80	159	24.7
磷酸	0.1	1.48	3.57	1.48	2.40	159	8.8
加里	0.8	5.80	16.00	6.50	7.60	159	35.7

由上表，吾人可知，甜菜吸收營養素率與甜菜生長率頗為符合。穀類作物於幼小時期所吸收之營養素較其所生成之有機質體為大。

雖然如此，吾人須施大量之人工氮素肥料催促幼小之甜菜儘快生長。吾人尚須注意者，甜菜漸漸生長，天氣亦漸漸轉暖，有機肥料可解吸之氮素量亦漸漸增加。種植甜菜時，吾人須盡力設法減低雜草對甜菜之威脅，故須施大量人工氮素肥料。吾人愈能幫助甜菜之生長，則愈能減輕將水中耕動草之費用。

硝酸鈉係甜菜之良好肥料，但其價較硝酸鈣昂昂。P. Wagner氏以為硝酸鈉與甜菜之効力較硫酸銨為勝之原因係硝酸鈉乃生理鹼性肥料。Th. Pfeiffer氏謂鈉尚有一可能之作用，鈉可代替葉叢中鉀之位置，使鉀可為一般其他植物滋潤之用，此對鉀質缺乏之情形當能有利。但實際上，此種作用並不顯著。W. Krüger氏示鈉並不能增加甜菜之糖量。欲得最重之甜菜必須施充份之加里肥料，以鈉代一部份之鉀，則不能達到此目的也。鈉有時能增加收穫量係因鈉能使加里在甜菜中廣散較易，有助甜菜吸收加里之作用。K. V. Schamker氏與W. Schneidewind氏言，鈉鹽對土壤腐爛之滲透之影響及與鈉之淋洗對植物營養至有關係之酸根之強大擴散速度有助於甜菜生長。

Markwort之田間試驗示氯化鈉對甜菜作用甚為微小，其中加之甜菜根莖數亦不可靠。鉀質聯合公司(Kalisyndikat)在1919—1921年曾以含氮鹽甚多之未加工之鉀礦石作許多試驗，結果證明食鹽對甜菜無何作用。未加工之鉀礦石、濃厚之鉀鹽之効力頗為類似。故鈉對甜菜並無特別作用。硝酸鈉能使土壤物理性變壞。用硝酸鈉為追肥時，將其耕於土中，則其破壞土壤物理性質之劣點，較不顯著。

硝酸鈣之價格常較硝酸鈉為低，如土壤物理性質不佳，則施用硝酸鈣為得計。硝酸鈣不易施用之性質，曾加改良，故硝酸鈣之價值實同於硝酸鈉。此並見於Müller-Waghäusel氏之研究而實者也。

智利硝石含磷質，但其作用並不較人工製造之硝酸鈉為佳，F. Munter氏曾作許多有關於此問題之研究，曰：不含磷之硝酸鈉功用與智利硝石同。H. Kramer氏研究所得結果與之相同。在八次試驗中，僅有一次，智利硝之効力較硝酸鈉為佳，又一次兩者相似，其他六，硝酸鈉較智利硝略勝。

甜菜雖係一喜要用硝酸鹽之作物，但亦不可專以硝酸鹽施之，而應混以其他狀態之氮素肥料。如兼用石灰氮素，則應及早施下，以免其妨礙發芽。

吾人亦不可專用石灰氮素。因著速學年，石灰氮素之功，失之遲緩。雖較廉價，故可用，但用時須注意土中！否富於石灰。Schulz 氏與 H. Wiemann 氏合作許多試驗研究施於甜菜之各種氮素肥料之効力，結果發現施用硝酸鈉及硝酸。智利硝（硝酸鈉）結果相似，施用硝酸鈉尤其顯著，較不經濟。

應用於甜菜之肥料，應以一部為基肥。土壤成份，而量極分定，與氮素狀態愈能避免流失者，則用作基肥之肥料量愈多。混合氮素肥料亦可用作基肥。人工肥料之易溶部份能促進幼小甜菜之發育。人工肥料之難於溶解部份供甜菜長時期，尤其保夏季需肥甚多時之需要。以硝酸鹽為基肥，其故有二：促進幼小甜菜之發育，以後所施之硝酸鹽，可避於甜菜於需肥最多時缺乏氮素之危險。有機肥料分解緩慢，初可補助人工氮素肥料之任務，後可供甜菜以氮素。至秋季，人工肥料消耗殆盡之時，人不可施過多之氮素，而使甜菜液聚過多有害之氮素，使糖變為糊蜜，減少糖之產量。Th. Remy 氏曾作有關此事之研究。第 八個不同地點作試驗。每處於施于大量磷鉀肥料之後，再施有機質肥料，或為綠肥，或為每市畝 8800—4000 市斤之厩肥，最終每市畝又補施 0.5, 8, 10.6, 16 市斤氮素肥料（海那精）。每一試驗以種五次。在七次情形中，甜菜中有毒氮素之含量增加如下：

1. 補施 5.8 市斤氮素者，增千分之 0.05。
2. 補施 10.6 市斤氮素者，增千分之 0.18。
3. 補施 16 市斤氮素者，增千分之 0.25。

每市畝補施 16 市斤氮素者，七個試驗中有四個試驗之甜菜收穫量會有增加，但甜菜之糖量減少 0.7%，甜菜汁之純度減少 1.8%，有害氮素之含量則增千分之 0.25。每市畝補施 10.6 市斤氮素者，七個試驗中有四個試驗之甜菜收穫量會有增加，但甜菜之糖量減少 0.4%，甜菜汁之純度減少 0.9%，有害氮素之含量則增千分之 0.18。每市畝補施 5.8 市斤氮素者，七個試驗中有五個試驗之甜菜收穫量會有增加，糖之含量，與甜菜汁之純度不受顯著之影響，其有害氮素含量之增加亦至微小。根據此結果，吾人每市畝儘可補施 8.8 至多 10.6 市斤氮素。

Th. Remy 氏之研究說明：1. 氮素肥料施用愈多，葉之產量隨甜菜之重量，增加愈速；2. 施肥次數之增加與引用効力較良之氮素肥料均可使甜菜獲得良好之氮素營養；3. 氮素肥料施用愈多，甜菜葉中所含粗蛋白質亦愈多。

氮素肥料之施用量，首視收穫量，前造作物之種類，與有機肥料之如何而定。如種植甜菜之前兩年，種植兩造穀實作物，則除每市畝施4000市斤廐肥之後，再補施約18市斤氮素。

第三目 飼料甜菜 (Runkelrube) 之施肥法

飼料甜菜之肥料以廐肥與綠肥爲最重要。施用廐肥時，人須知飼料甜菜對氮素之性能不如甜菜，故須多施。W. Schneidewind氏發現飼料甜菜較甜菜尤喜硝酸鹽肥料。P. Wagner氏示施用廐肥愈多，飼料甜菜產量愈增，有機物質之量愈減。

施予飼料甜菜以磷肥之方法，一如甜菜。

施用廐肥時，吾人可注意者，飼料甜菜頗喜鈉素。施以食鹽，常能增加其產量。吾人可用鉀海鹽爲鉀肥。不可常用，恐其破壞土壤之物理性質。

飼料甜菜亦喜石灰，頗似甜菜。但其正磷酸石灰含量減少之速度不如甜菜之速。

第四節 豆科作物之施肥法

豆科作物與集細菌共生作用，能利用空中氮氣。因此種作用須俟細菌生長至相當程度後始能育之，故豆科作物在發育之初期亦自土壤中吸收氮素。豆科作物能利用空中氮素，常有人討論其對廐肥之替代問題。但德國栽培豆科作物甚盛之處，常有以少量廐肥施於蠶豆與豌豆者。Julius Kühn氏言，欲使三葉草類作物生長茂盛，須於其前作施用少量廐肥，如使羽扇豆與會拿得拿生長良好，雖不施之以廐肥，亦須栽種之於洋草之後，尤其係以留種用者爲然。其結果之所以常佳者，係因種其前作洋草時曾施有廐肥。在上述之情形中，豆科作物非僅獲廐肥中氮素之助，而保持廐肥改良土壤之生物性質之益，廐肥之用量雖微已足也。

第一目 蠶豆之施肥法

蠶豆如非種於根莖作物之後，必須施以廐肥，因廐肥能改良土壤之物理與生物之性質。在粘重土壤，此種作用更爲顯著，其所含之氮素之功用猶在其亦也。

1. 廐肥。蠶豆生長所需之條件甚多，人工廐肥對之亦有益處，視廐肥之施用量，每市畝可增施1.3-2.6市斤氮素。蠶豆長約10公分高時，集氮細菌

補供給其氮素，故在此時期之前，吾人應以易於溶解之人工氮肥施予之，以便蠶豆在其幼小時期無缺氮之虞。

2. 鉀肥與磷肥。加里與磷酸之量宜多。其施用數視土壤之含量與肥料之純否而定。每市畝380市斤籽實與580市斤莖稈之收穫物自土中抽取5.6市斤磷酸與14.6市斤加里。在德國，40市斤過磷酸石灰與同量之40%鉀鹽係每市畝之普通施用量。

8. 石灰肥料。蠶豆係重土之植物，故常需石灰，如前作已受有石灰，則種蠶豆時始可免之。

第二目 豌豆之施肥法

每市畝200市斤豌豆之收穫物自土中抽取約4市斤磷酸，至少9市斤加里與8市斤氧化鈣。Th. Remy氏示每市畝380市斤之收穫物每月自土中所吸取之營養素有如下表：

	四 月	五 月	六 月	七 月
氮素.....	1.1	2.5	11.9	4.9
加里.....	1.8	2.7	10.6	2.7
磷酸.....	30.4	0.7	2.7	0.7

豌豆對氮肥之反應不及蠶豆，如須長久貯存之豌豆不可用糞肥，以使其生長健壯，不罹病害。

1. 氮肥。施用氮肥時，吾人須注意豌豆所需氮素之一部係由根瘤菌所供給，故氮肥若施用過多，非但無益於豌豆之營養，且助長雜草，普通每市畝僅可施用二市斤氮素，而以石灰氮素與尿氮為最佳。

2. 磷肥。豌豆吸用磷酸之力至強，每市畝普通施用6.7—9.8市斤酸磷即可，鉀肥之施用量視土壤含量之不同而定，以德國普通情形言，每市畝僅用10.7市斤即可，豌豆之適宜土壤反應為：

據	G. A. rhenius	L. Hilcner	M. T énel
豌豆.....	...5--	...7	(—7

栽培羽扇豆以收其目的，鉀肥對於羽扇豆最為重要。施鉀肥，羽扇豆於青旺盛，則其所吸收之氮素亦多，德人普通多不以氮肥與磷肥施於羽扇豆，而於每市畝施 180 市斤鉀礮即足。羽扇豆之根分泌大量之二氧化碳，故其根之排洩物酸性甚強，能真利用土壤中難於溶解之磷素，如羽扇豆與穀類作物混栽，則每市畝可施約 1.5 市斤之磷。

豆科作物多喜富於石灰之土壤，而以羽扇豆與合拿得拿為外，黃羽扇豆尤不喜石灰，處羽扇豆對石灰之靈敏性不如黃者，雖然如此，羽扇豆自土中吸收之石灰頗多。如土壤需與石灰，亦不可直接施於羽扇豆，如土壤富於石灰，則應多施磷肥，每市畝可施一百市斤除淨磷，鉀礮之效，在此較濃厚之鉀礮為佳。

合拿得拿之施肥法與羽扇豆完全相同。

第四節 紫苜蓿與三葉草之施肥法

紫苜蓿與三葉草種於深厚壤土，其下土石灰含量充足者，生長最佳。地下水平而過高，對此類作物不宜。乾燥土壤前曾當種根莖作物者最宜於紫苜蓿之栽培。沙土之有石灰與壤質之下土者，亦宜於紫苜蓿。栽培紫苜蓿於沙土，不可歷時過久。四五年之後，必須改種其他作物。

栽培紫苜蓿與三葉草，土壤必須有充足之腐植質與基肥，並應施以充份其他養。此類作物係於下土抽取石灰，故最理想者，係於開始栽培之前數年將石灰施下，俾後者得深入土中，以供其用。德人亦有於栽培紫苜蓿之前作時，將石灰施下者。如在播種紫苜蓿不久之前，施用大量石灰，恐其傷害紫苜蓿之發芽與幼小期之生長。

栽培此類作物常須施磷酸與加里之基肥。施用之時期亦宜早，俾得深入土中，而供此類作物之深根之吸取。

氮肥僅對幼小之紫苜蓿有效。第一年之後常不再施。磷鉀肥可於第三年後補充。如遇壤土，可亦再施石灰。如土中含石灰甚富，則可免之。

第五節 油菜之施肥法

油菜需大量肥料，尤為保氮磷肥。每市畝 30 斤籽實與 980 磅榨油取下列數值之營養素：

氮素 (市斤)	磷酸 (市斤)	加里 (市斤)	石灰 (市斤)
---------	---------	---------	---------

籽實	11.9	5.6	3.2	1.8
葉桿	7.4	2.4	10.8	20.6
	19.8	8.0	14.0	21.9

據 Th. Remy 氏之研究，按德國情形油菜吸收大部之營養素於秋季，其在早春所吸收之加里與磷酸之量亦頗可觀。以故油菜甚喜磷肥。油菜係需氮作物，幼小之時，吸氮最多，故應多施氮肥。其量應視所施磷肥之量與其分解情況而定。氣候對油菜之生長至有關係，故施用氮肥應選擇適當時期。德國普通情形，多以氮肥半施於播種前，半施於早春。如在秋季地力甚強並係甚溫暖之處，可被施氮肥於播種之前，而增施之於早春。

氮肥之外，須用鉀肥磷肥與之相配合，否則油菜生長受氮肥偏面之傷助，反減低其籽實含油之量也。其係於含氮頗富之上土，吾人應多施磷鉀肥。據中央農業實驗所在全國各地，廣西各農事機關在廣西各地，福建省農事試驗場在福建各地試驗所得之結果，栽培油菜須多注意磷肥。

據 H. Kappen 氏，油菜喜土壤之有弱鹼反應者，據 H. Wacker 氏，每市畝施約 5800 市斤廐肥，5.8—6.7 氮素，5.8 市斤磷酸，與 513.8 市斤加里，則極爲充足，可供吾人之參考。

第六節 纖維作物之施肥法

第一目 棉之施肥法

根據 Schröder 氏之計算，如每公頃產五百公斤花衣，則棉株各部由土中抽取之營養素量有如下表所列：

棉株各部	重量 (公斤)	營養素量 (公斤)				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
根	360	3.46	1.96	4.82	2.42	1.55
莖	970	14.59	5.63	14.10	9.65	4.18
葉	850	28.08	10.41	15.77	39.00	7.60
鈴壳	600	15.65	5.92	11.18	8.15	3.16

棉籽	980	81.08	12.6	11.68	2.51	5.47
花衣	220	1.65	0.4	2.10	0.86	0.86
共	2980	94.41	37.2	59.55	57.59	14.62
今年市獻市 斤 數	400	12.6	4.9	7.9	7.7	0.2

由上表可見，花衣所抽取之營養素不少。如能將花衣以外之營養素還與土壤，則棉田所消耗之肥料不多。

草棉之根在於土中，恆不收穫。吾人如以棉之籽實，花衣等所含之營養素與根葉所含之營養素分別計算，則有以下之數目（公斤/公頃）：

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
籽實與花衣含：	82	18	13	8.8	6.7
莖葉與鈴壳含：	57	22	40	50	18.8
共	89	85	58	53.8	19.5

其他農作物所抽取之營養素量則有如下表（公斤/公頃）：

	N	灰 份	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅
穀類作物	87	180	26	9	13
洋薯	59	198	97	28	29
甜菜	74	210	98	15	21
飼料雜菜	108	467	209	82	31

如以棉自土中抽取之營養素量與穀類作物抽取者較，則棉抽取者不多。其所抽取之氮素與磷素可與根莖作物所抽取者相埒。其所抽取之石灰則較根莖作物所抽取者尤多。以故，吾人極應設法將花衣以外之棉株部份還與土壤。吾國農民有將棉葉，莖等焚為灰，施於棉田者，其氮素損失，誠法遺憾。吾人如能以棉葉堆於田中，或以之飼畜而得糞肥，則吾人可將棉株所含全部氮素九分之一，磷素三份之一，加里三份之一，石灰五份之一還與土壤。吾人若竟能將棉莖堆於田中，則可將棉株所含各營養素三份之二還與土壤。棉籽

榨油之後，所得餅餅如亦施於上，則僅將植株所抽取之營養素之全部還於土壤矣。此吾人所應注意之工作也。

White氏於1910年起曾分析不同生育期中棉株成分四年之久，測定其吸收營養素之經過。所用品種為克來文大鈴。現將棉株生育分為四期。第一期為初孕蕾，在發芽後三十四至四十日。第二期為初開花，在第一期後四十四至五十二日。第三期為初吐絮，在初開花後五十七至五十八日。第四期為老熟株，在吐絮後九十五至一百日。其四年分析之結果相差。茲將其於1910年所得之結果錄於以下三表：

棉株在不同生育期之地上部份之成分

生育期	乾物量(公分)	氮佔乾物量之%	灰分佔乾物量之%
初孕蕾	20.6	4.27	13.35
初開花	48.35	3.60	14.25
初吐絮	82.48	2.67	11.88
老熟株	72.85	1.56	6.15

棉株在不同生育期中之灰分之化學成分

生育期	磷	硫	鉀	鈣	鎂
初孕蕾	5.85	2.86	16.07	20.00	7.86
開花	4.28	2.16	12.40	15.05	5.40
初吐絮	4.08	1.70	10.20	12.24	5.20
老熟株	3.77	1.70	11.80	13.21	5.25

棉株在不同生育期吸取之營養素對總吸取量之百分比

生育期	氮	磷	硫	鉀	鈣	鎂
初孕蕾	81	37	43	35	33	33
開花	12	40	32	28	41	31
初吐絮	18	18	10	13	10	20
老熟株	16	5	15	14	16	11

由上列之表可見棉株在第一生育期之三十日內已吸收其所需總營養素量之三分之一，在第一生育期復吸收其所需總營養素量之三分之一，在第三生育期已吸收其總營養素量之85—90%，在成熟期吸收其餘之10—15%。故棉田肥料必須早施。如用效優之肥料為追肥時，尤須注意。

1. 腐植質肥料 綠肥能改良土性，增加氮量。江浙農民常以紫雲英施於水稻田，以黃花苜蓿，蠶豆豌豆等施於棉田。丁漢五氏在浙江棉場新浦分場，曾以各種綠肥施於脫子棉凡三年，得三年平均結果如下：

施用綠肥之種類	三年平均每畝籽棉產量(斤)	平均差數之標準誤差
紫雲英	158.46	±4.84
苜蓿	167.18	
蠶豆	160.21	
豌豆	157.64	
冬小麥	148.75	

各種綠肥中，以苜蓿施於棉田效果為佳，其次，豌豆次之。紫雲英最劣，與多種休閑區之綠肥並不顯著。又棉田缺綠肥之率以蠶豆區最少，苜蓿區最多，故缺苗最烈之區應以蠶豆為綠肥。浙江棉場又曾作試驗，比較蠶豆，豌豆，紫雲英，苜蓿，蠶豆與豌豆，桑葉與苜蓿（每畝產桑葉1000斤，然後把平，播種苜蓿）六種綠肥對後作百萬鈴產量之影響。結果以桑葉與苜蓿之合併施用區之產量顯著大於蠶豆，紫雲英或苜蓿單用區之產量，而以施用紫雲英區為最劣。

廐肥對於棉作亦頗有益。一方面供給營養素，一方面增加土壤腐植質量。據Nayak氏在印度Dharwar試驗場所作研究之結果，每市畝施用1670斤廐肥，可得最優之纖維量。其纖維率之數則減低，但成熟纖維則增加。施用過多，則纖維量及與精力及花衣之百分率俱行減低。

其他如堆肥等均可以用。

2. 氮肥 棉田土壤缺氮，則棉葉發黃，枝葉生長不旺，花衣之收穫量亦少。施用氮肥過多，則棉株枝葉茂盛，發育過速，節多，葉深綠，成熟遲遲，且易患病害。故施用氮肥必須謹慎。施用適量氮肥者，除有上述諸處外，尚有提早成熟之效。

運用肥料以從來自有者為最重要，因其無須現金購買也。就棉田而言，棉餅最為合宜。蘇達古氏引蘇恩廉氏之言曰：我國棉麥兩熟之區，棉徒多僅以棉籽而購豆餅。蓋在該區，棉播種時，麥熟成，不便施肥。麥既收穫，棉正倒肥，然時值旱季，肥效甚緩，不久雷雨又至，肥分易被雨水沖失。故農民多於霖雨季節過後施肥。時期過晚，不得不用速效之豆餅。據蘇恩廉氏之意見：（一）棉餅係棉田之良好肥料。（二）麥田施肥與其用速肥不如用棉餅為基肥。若早春施用棉餅，其剩餘之肥效尚有助於棉之發育。（三）如用棉餅為棉田追肥，則宜先令其腐解。（四）一熟棉田，如早施棉餅，以價價論，其效至少與豆餅相等。

其他類似肥料如卷子餅，芝麻餅，棉仁粉等，均可以用。

至於化學肥料，則無論氮素與磷酸鹽者均可以用。據楊守珍，朱海帆兩氏所得之全國各棉區施用硫酸銨之示範試驗結果，各示範區除因受水淹，肥料效果不著之外，均示施用硫酸銨，經濟利益甚大。我國各棉區之土壤均極缺乏氮素。每畝可施之氮量可不必多於六斤。

施用硝酸銨時，須注意流失之危險。於鹽鹼區之棉田，自然不能用硝酸銨。

棉之品種不同，其對肥料之反應亦不同。Crowther 氏曾在埃及施用不同分量之氮肥於不同品種之棉，並將本埃棉區之產量為100，以與他區之收穫量比較，得結果如下。

每畝 氮肥用量 (公斤)	八次試驗平均		五次試驗平均		四次試驗平均	
	馬拉棉 Moorad	青撒七號 Giza 7	馬拉棉 Moorad	艾許蒙棉 Ashmouni	馬拉棉 Moorad	青撒十二號 Giza 12
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%
100	110	118	107.5	117	118	117
200	115	123	115.0	123	118	123
300	119	134	117.0	130	125	143

從上表可見，棉之品種不同，其對肥料之反應亦著異。馬拉棉對氮肥之

反應，較其他三品種之棉為劣。某品種之棉均有其適宜之施肥量，吾人不可不注意之。

據 Musgrave 及 Smith 等氏之試驗，肥料以施於種子行之一邊或兩邊，深處播種綫之下者，棉籽發芽最佳，產量亦最高。施肥距近棉籽一吋以內，有甚於發芽。施於播種綫之下三吋者，出芽甚佳。根據 Williams 氏之研究，撒施肥料之效均不如條施。

8. 磷肥 磷肥能抑制枝葉生葉，使棉結鈴豐盈，並提早成熟。

4. 鉀肥 鉀能增進棉株枝葉之堅韌及抗病能力，有助於結鈴。施用鉀肥過多有延遲成熟之弊。缺鉀則葉早凋，鈴之正常發育受抑制，不易開裂，難於採取。J. A. Elliot 氏曾報告，渠任其試驗場中觀察得，棉枯萎病 (Cotton wilt) 猖獗時，他區俱受病害，獨施肥齊整者，受害最淺，收穫量幾不受影響。有人謂棉之萎病實因缺乏鉀質所致，如棉田中發現此病，該田農人必曾忽施鉀肥。施鉀肥可防治之。有人施用鉀肥而增加收穫量者。但就我國各農事團體之試驗，我國棉區之土壤多不缺磷鉀。

5. 石灰 棉喜中極反應之土壤。施用石灰時於酸土能增其產量。

節二目 亞麻之施肥法

亞麻之土宜 亞麻在潤潤肥沃及雜草不多之土壤上均能生長良好，故宜於亞麻之土壤甚多，重壤土之蓄水力甚大，缺乏空氣，易生真菌，常使亞麻發生病害，劣化其纖維之品質。如在早春，氣候乾燥，土壤結皮，則幼小之亞麻不易生長。易變泥濘之土壤亦極不適於亞麻。輕沙土較為乾燥並貧瘠，亦不甚適於亞麻，惟在潮濕氣候中，多施肥料，則雖在輕沙土，其生長亦屬良好。石灰土壤常使亞麻纖維易於脆折。最適宜者係質也不黏亦不粘，不易泥濘，含易為植物所吸收之氮，磷，鉀甚為充足之土壤。

每市畝產生八十市斤籽實，六百七十市斤莖，與八十市斤殼之亞麻收穫物，其自土中抽取之營養素約為六市斤氮素，四市斤磷質，八市斤加里，與七市斤石灰。其吸收營養素之作用多半在開花之前。開花之後，吸收磷質稍多。亞麻根際發展不盛，故需溶解性之營養素，以便吸收。

1. 廐肥 亞麻需均勻分布於土壤中之易於吸收之營養素。否則，其纖維極質不均，處理困難。以故栽培亞麻，常不施用廐肥。未完全腐熟之廐肥，分解不均，撒施亦難均勻，更不可用。廐肥常含雜草籽，亞麻根際雜草。廐肥含氮特富，使亞麻莖粗大，纖維量減少，降雨之後，易於倒伏。柔弱者

病。如在旱年，則土壤瘠，濃度過高，種籽發芽不易。如有非施糞肥不可之理由，則須用十分腐熟之糞肥，秋間施下，施用量亦不可過多。

2. 其他天然肥料 堆肥較糞肥易於均勻撒施。農場之中如有大量堆肥，則可施之於亞麻。比利時農民喜施稀釋之人糞尿於亞麻。血粉、角粉亦可以用。

3. 氮肥 化學氮肥，慎勿施用過多，不獨有使亞麻倒伏之危險，且使其纖維產量增加，纖維產量減少，如土壤肥沃，略施少量即可。氮肥以含氮氣者為上，不可用含硝酸鹽者。其施用者可於每市畝用0—5市斤。

4. 磷肥 栽培亞麻以收籽實為目的者，所施磷肥應較以收纖維為目的者為多。在歐洲，一般習慣多不以磷肥直接施於亞麻，而施於其前作。

磷肥能增加籽實之產量，纖維產量雖未能因之增減，而其纖維堅固之性質則大為改善。

骨粉，雷蘭那磷肥，過磷酸石灰等，均可以用。俄人尚以磷灰土施於酸性土壤。磷肥之溶解性愈小者，施用量亦愈多，施用磷灰土之量應四五倍過磷酸石灰。

5. 鉀肥 亞麻需鉀極多，其栽培之目的在得其莖也。氯化物對於纖維有良好作用，故在早春與種上，雖鉀硫酸亦可。W. Kleberger 氏之加里肥料試驗示鉀硫酸之功效最佳。氯化鉀之含大量氯化鈉者不但無害於亞麻，且能改良其莖之性質。Week 氏之試驗示加里能增加亞麻纖維之產量。R. Sch. ⁶¹ 氏之試驗示增加加里之量能增加亞麻之莖桿與籽實之產量，並使莖桿粗長，纖維之長度，產量俱行增加。施用鉀硫酸時，自然應注意，勿使其與幼小植物接觸。栽培亞麻於沙土，鉀肥尤其重要。木灰之效力亦極佳。木灰不但含鉀，且含磷與石灰，對於酸性土尤為適宜。如每市畝用40—60市斤闊葉樹灰，則用針葉樹灰之量宜倍之。

6. 石灰 亞麻不能耐石灰，一經施予，纖維即變粗糙易斷，但亦因土壤而不同。比利時出產品質最良之亞麻之區域，常用石灰，但不直接施於亞麻，而施於栽培亞麻前二三年之作物。

第三目 大麻之施肥法

大麻喜深而深厚之土壤，因其主根入土甚深。產生於曾經充份施肥之壤質沙土之大麻，品質最優。產生於重土者，枝葉雖茂而纖維柔弱，光澤失潤，品質不佳。

D. N. Prjanischnikow 氏，俄國普通情形，計算每市畝產八百市斤大

麻莖每八十市斤榨實，自土中抽取去之營養素量如下(市斤)：

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
7.7	8.8	5.6	14.5

Hou or氏按德國普通之收穫量，計算大麥，黑麥，與洋薯自每市畝土中抽取去之營養素量如下：

	每市畝收穫量(市斤)		抽取營養素之量(市斤)		
	籽	實	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
大麻	180	800	16.2	8.9	7.6
黑麥	280	670	8.4	4.8	7.5
洋薯	250個塊莖	—	2.3	5.9	20.5

由上可知，大麻所需之氮素較黑麥為多。俄人常施大量磷肥於大麻。氮肥最為重要，但若施用過多，徒滋葉葉，減低纖維之品質。磷酸促進大麻成熟，使其所生纖維過短。如誤施過量氮肥，則可施磷肥以緩和其作用。普通土壤含鉀頗高，且大麻之根深入土中，常可不施鉀肥。大麻喜食鹽，每畝可施二三十斤，可增其纖維產量。

第七節 牧草地與牧場之施肥法

施肥於牧草地或牧場，應注意下列數事：(一)調節水量。(二)土壤反應。(三)施用化學肥料必須與天然肥料相配合，效始能大。(四)動物社會因施肥而起之變化。(五)補施磷鉀肥以助氮肥發揮其效力。

第一目 牧草地之施肥法

過於潮濕之牧草地，多生價值甚低之植物。改良之法，須先排水。過於乾燥之牧草地，亦須常加灌溉土壤，如呈酸性，必須施以石灰，而使其他肥料之效力，始能宏大。此施肥之前所應解決之事也。

1. 氮肥 初次栽培牧草，可先用化學氮肥。既得大量綠草，以之飼畜，後得大量之糞肥，以之施於根莖作物，如飼料糖菜等。既得飼料作物，以飼家畜，最後所得之糞肥，以之施於牧草地，此策之始也。歐西學者常以此為之。糞肥與堆肥能助土壤微生物之繁殖，此令吾人注意。

腐巴瀉液與糞尿水係牧草地與牧場之良好肥料。專用此物，不用磷鉀肥，助長雀草，氮之植物(Ammoniakpflanzen)，如草地繖形花(Wiese K. erbel, Kalbeekropf)等生長過盛。專用化學氮肥，其弊同之。專用氮肥，壓制三葉草類之生長，促助需氮之禾草(Gräser)繁殖過旺，蜂雀草(Honigsaas)其一例也。需要肥料改良之牧草地，如於開始之時，即有甚多蜂雀草，則極危險，良好之牧草地須有良好之植物社會。其目前之收穫量雖劣，無妨也。良好植物社會之形成有賴於播種，適宜之水份，適宜之土壤反應，妥當之管理，以及有機及無機肥料之施用。植物社會不良，可用肥料及妥善之管理法糾正之。如植物社會過劣，不能改良，則僅可完全革翻，重新培植之。

牧草地如多含豆科作物，少含禾草，則施用氮肥，極為無利。

按德國普通情形而言，每二公斤氮素約增加九公擔之秣草產量。如牧草收割過遲，牧草生長過盛，則氮肥效力即行減遜。如以氮肥施於含20%三葉之牧草地，則一部氮素為三葉草所吸收，氮肥效力亦形減遜。如早施氮肥於含三葉草甚多之牧草地，則禾草與雜草生長遲延，壓制三葉草之繁殖。結果，秣草之連收總量並不增加。P. Wagner氏主張曾經施用氮肥之牧草地應及早收割，是時禾草含氮猶富，並甚柔嫩，且無木質。每年收割兩次之牧草地於施用氮肥之後，須收割三次，或收割二次後，再行放牧。第一次與第二次收割愈早，則第三次收割或放牧之機會愈大，牧草收割過遲，不但禾草質地變硬，減低其消化性與蛋白質含量，且利於劣質之禾草與雜草之生長。

牧草地之氮肥可分二次或三次施予。第一次施於冬末或春初，第二次施於第一次收割之後。如可收割三次，則尚可施第三次之氮肥。施用氮肥之總量每市畝平均約6—10市斤氮素。

2. 磷鉀肥料 對於草地亦至重要。一公擔秣草含約0.70 公斤磷與1.8 公斤加里。吾人可以此為參考，視土壤含此兩要素之量之多寡，以加量流失之程度酌定肥料之用量。施用磷鉀肥料係發揮氮肥效力之前提。磷肥對於畜畜骨骼之生成，至為重要。偏面施用磷鉀肥有利於豆科植物之生長，輕土可用湯馬斯磷肥，重土可用過磷酸石灰牧草地所用之磷肥，效力不必求速。牧草地消耗加里之量約三倍於磷。鉀肥之種類不拘，擇最經濟者即可。濃厚之鉀鹽宜於鹼性性質不良之土壤與運輸不便之地點。

3. 石灰對於土壤至為重要，並係家畜骨骼之主要組成。土壤缺乏石灰，則所生之牧草亦實於石灰。牧草地植物中，以三葉草需石灰最多。牧

割時，牧草愈幼，則其所消耗之石灰亦愈多。石灰能解放土中加里及其他礦物質，並助氮肥發揮其效力。石灰肥料中以碳酸石灰為最佳。生石灰僅用於特別粘重之土。牧草地植物需弱酸性以至中性反應。施用過多石灰則按土壤之疏鬆程度與土壤反應而入其弊害。施用石灰可每隔三四年行一次。一次施用過多，不如分數次施予。每次之施用量酌為減少。

牧草地土壤每年流失之氮養素，為量不大，因禾草生長時期幾為全年也。

第二目 牧場之施肥法

欲使肥料在牧場充份發揮效力，亦須注意水份與土壤反應之問題。混合種籽之成分，肥料之施用，牧場之管理與利用，均與牧場植物社會之組成有莫大之關係。

牧場施肥以厩肥為基礎。如厩肥係施於冬季或早春，則初生之草，常不喜喫，故應刈去，而後放牧。如施於夏季，則無此弊，且可促助母畜之繁殖，減少土壤水份之蒸發。牧場全區生滿草類，家畜可自由在其中喫食飼料。

1. 氮肥 曾受城市廢棄水之灌溉，或多水豆科作物之牧場，恆無需化學肥料。如牧場之水量與土壤反應均適宜，磷鉀肥料亦充足，則施用氮肥恆為有效。

施用氮肥須與禾草生長之情形相配合。如牧場冬呈灰色，春遲發育，可用氮肥促進之。氮肥以含一部硝酸鹽為最佳。如係粘土，秋間施以石灰氮素，效常至大。如牧場經多年之施肥，適宜之放牧土壤所積聚之腐植質甚富，冬季草色猶青，早春發育迅速，此時氮肥可以稍緩，並分數次施予。第一次放牧之後，施第一次氮肥。再放牧之後，再施氮肥。總共可施三次氮肥。

夏季施肥，以速效者為上。如土壤乾燥，硝酸鈣之效最速。按普通情形言，牧場氮肥以尿素為最佳，無備毒性，又不影響土壤反應。牧場之草，經施尿素，亦常常特喜喫之。

氮肥須有充足之水量與之相配合，始能展其最大之效能。牧場須常灌溉。牧草蛋白質之生成大有賴於水，溫度與氮素。

根據Falko氏之計算，在某放牧期中，每公頃如產生5000公升牛乳或增加產量六公擔，則自牧場土壤中抽去如下之營養素數量：

	氮素 (公斤)	加里(公斤)	石灰(公斤)	磷酸(公斤)
1. 5000公升牛乳含	80.00	9.50	8.00	9.00
2. 體重六公噸之家畜含	15.18	1.08	12.84	11.52

以上數目示牧場肥料，氮最重要。氮肥可改良牧場之植物社會，增進禾草之營養價值，及促助其生長。

牧場之上，甚少豆科作物，故豆科作物吸收空中氮素之功用，在此不重要。牧場之上，禾草甚多。家畜多趁其幼時，含蛋白質多時，將其喫用。

2. 磷鉀肥料 牧場所需之磷鉀肥料較牧草地少，因牧場土壤之營養素被抽去者為數較少。普通每市畝每年，所抽去之磷酸約五市斤，加里約十三市斤。施肥之量應以此為參考，並視土壤所含加里之量，流失之量，放牧之情形斟酌定之，如上性良好，鉀瀉鹽所含之氯化鈉對牧場並無害處。在多用粗鉀鹽或生理酸性之氮肥處，應多施石灰。如能與堆肥混合應用最佳。Falko氏主張每市畝牧場於每隔三四年可施100—180市斤生石灰。磷酸石灰對牧草地及牧場最為適宜。但於中和酸性，並遇粘土，則以生石灰為上。

第八節 甘蔗之施肥法

根據 Kalis 氏，在爪哇如每英畝產甘蔗50噸，不計其乾葉，其自上中抽取去之營養素數量如下表：

甘蔗品種	N(磅)	P ₂ O ₅ (磅)	K ₂ O(磅)
100 POJ	50	68	221
247 B	69	60	224
Black charbon	55	49	218

我國甘蔗之產量遠不如爪哇。四川甘蔗每畝約產7000斤。甘蔗之施肥法應視土壤種類，甘蔗品種，甘蔗生長期間，氣候等等之如何而決定。

A. Ayres 氏於1937年，曾在夏威夷作甘蔗吸收土壤營養素之研究，於種植後，按月分析蔗汁，知其吸收養分多在初期(開頭三個月)。其吸收量則以矽鉀為最多，氮，磷次之，鈣又次之。P. Bstert 氏曾用八種品種作研究，分析其各部營養素之含量，證明鈣多存於葉，鉀多存於根莖，鐵則分布於全

株，尤以莖部及蔗汁中最多。故蔗汁灰分亦以含鉀鎂為最多，約達40%。

甘蔗喜排水良好，質地輕鬆之土壤。菲律賓，北英，南美，臺灣，埃及等地之甘蔗多產於沖積土。凡上層較厚，質地較鬆，排水良好，以及氮素與腐植質含量較多之土壤，甘蔗之產量亦高。在四川內江縣，沖積土所產之甘蔗量最多，紫色土次之，黃壤與紅壤又次之。以品質言，產於上層較厚，質地較重之黃壤者為最佳，紫色土次之，沖積土最遜。

1. 氮肥 普通土壤多缺氮素。施用氮肥可助甘蔗之生長，增加產量，但施用過多，則蔗中糖量及純深度均行減低，蔗多柔弱彎曲。Holm氏在Louisiana 曾試菜餅，廢血，兩有揚氮肥與硫酸銨，磷酸鈣，及石灰氮素三化學肥料之甘蔗之作用。結果施各種氮肥者，甘蔗產量均增，品質以施用有機氮肥者為最佳。施無機肥者，蔗汁中蔗糖含量及純深度均減低。例如，每英畝施800斤硫酸銨者，蔗汁中蔗糖含量平均減0.27%，純深度減0.89%。施用石灰氮素者，甘蔗品質亦遜愈甚。孫毅氏於民國二十八年內江所舉行之試驗亦示每畝施六十斤硫酸銨者，甘蔗產量均增，而純深度與蔗汁中蔗糖含量則減低。施菜餅者，甘蔗之產量與品質俱高。

2. 磷肥 磷肥能促進成熟。如土中缺磷，甘蔗生長緩慢。蔗糖含量減低，節間縮短，分蘗大為減少。葉面亦減少。在夏秋裏，如蔗田土壤含磷於1%檸檬酸之磷酸少於0.004—0.005%時，則有施磷肥之必要。

3. 鉀肥 如土中缺鉀，施鉀肥可增產量。鉀肥對甘蔗品質，影響甚大。如土中鉀素不足，甘蔗體內 Freptase 與 Catatase 之活動力大為減弱，而糖化酵素與轉化糖酵素 (Invertase) 反較活動，致蔗汁濃度增高，純深度低減，品質大遜。鉀肥能增強甘蔗之組織，增加糖量與蔗汁純深度，減低其酸度。在夏秋裏，如土中溶於1%檸檬酸之 K_2O 低於0.04—0.03%時，則有施鉀肥之需要。甘蔗常呈黃色者，施鉀肥常可治之。鉀肥以硫酸鉀，草木灰等不含氯者為上。氯素對甘蔗之蔗糖含量頗有影響。O. Arrhenius 氏曾作沙餅試驗，示氯素增多，甘蔗之產量即行減少有如上表。

第九節 菸草之施肥法

菸草之肥甚多，如以菸草一公頃產10,50公擔（合每市畝產140市斤）菸草之中常產量計算，則其地上部份自土壤中抽取營養素之量有如下表：

	灰 份 (公斤)	K ₂ O (公斤)	CaO (公斤)	P ₂ O ₅ (公斤)	N (公斤)
葉	280	72	79	10	58
莖	93	40	18	13	41
共	364	107	100	24	98
合每市畝之市斤數	48.5	14.3	13.8	3.2	12.4

一中常產區之洋薯、穀實作物自每公頃土壤中抽取去下列數量之營養素：

	灰 份 (公斤)	K ₂ O (公斤)	CaO (公斤)	P ₂ O ₅ (公斤)	N (公斤)
洋薯	198	98	23	28	59
穀實作物	129	27	9	13	37

觀上列兩表，可知菸草所含之灰份與氮素，較洋薯及穀實作物均多。甜菜所抽取之灰份與氮素較之亦少，飼料甜菜則略較多。菸草消耗營養素之多，在氮素，加里，尤其係石灰為最顯著，菸草灰份中所含之石灰達40%。其所消耗之磷較則較洋薯所消耗者為少。此均係就每單位土地面積所消耗之營養素之相對數量而言。若就每單位乾物質數量所含灰份之百分數而言，則均較根莖作物為多。菸草須溶解性之營養素。

栽培菸草之前，吾人尚須認清栽培之目的與品種之不同，而擇其適宜之方法。栽培 *Nicotiana rustica* 時，吾人應注意增加其產量，而不計其含氮物質或尼古丁之增多。故所選土壤應以愈肥沃者愈佳。如栽培 *Nicotiana tabacum*，則應不計其產量，而求其良好品質，故所選土壤，應以沙質壤土，壤質沙土或灰壤為佳。

下列之表即示土壤種類對其所產生之菸草之品質之影響：

每百份菸草含：				
磷 水 化 合 物	尼 古 丁	糖 質 量	蛋 白 質	

林士。俄國Alesokovo試驗場。Nordkarlins 品種。.....	86.3	0.9	1.4	6.8
林士。俄國Jalta試驗場。(Düden.)品種。	21.8	0.8	1.9	7.8
林士。俄國Pigitowo試驗場。Arkadia 品種。.....	19.7	1.7	2.4	—
林士。俄國Suchum 試驗場。Samsun 品種。.....	12.7	3.4	2.7	11.0
黑土。俄國Krasnodar試驗場。Trap-sun 品種。.....	6.7	2.9	3.7	12.2

栽培如於之品種所屬之土壤，應較栽培於播菸之品種所屬之土壤為肥沃，黏結，並富於腐植質。

菸葉含氮少，加里多者，其燃燒性最佳。反之，其燃燒性劣。以故古人嘗主張不可種菸草於甜菜，飼料聯菜，三葉草等消耗加里甚多之作物之後。今人則不堅持之。今之歐洲學者多主張種菸草於甜菜，飼料聯菜，紅蘿蔔，洋蔥或大麻等耗氮甚多之作物之後。

1. 菸苗之施肥 菸草之種籽至少，且含大量水份與少量之營養素，故在極幼時期，已需外來之營養素。其苗床應以馬糞鋪底，藉生溫熱，土蓋闊葉，再上鋪一層腐植質土壤。早春之時，能置苗床最上十公分之土層於蒸鍋中蒸之最佳。經此處理，雜草種籽，不純菸種，病菌等全行消除。如無蒸鍋，可於每平方公尺應用一公升半波爾多液以殺病菌。嗣後，每平方公尺之最上十公分土層應混以一公斤半泥炭，二公分半尿素，十公分硫酸鉀與五公分過磷酸石灰。此舉須在播種前三日行之。

2. 含肥 菸草移植於本田，吾人須按其栽培之目的，而選擇其施肥法，施用氮肥，最應注意。

如土中含氮甚少，增施氮肥，可增產量，而不損品質。如所施氮肥超過葉種數量，則其所增加之產量不大，而菸葉之尼古丁含量與含氮化合物之含量固之而增，並損及菸草之品質。關於此問題，Otrygajew 氏曾作一試驗。以不等量之氮肥施於沙土，並分析其所生菸葉之尼古丁與含氮化合物量，得結果如下：

施 肥 量	乾葉量(%)	糖 分 (%)	碳水化合物
無氮肥	9.9	0.8	24.7
施 0.1 公分氮素	9.9	0.65	22.1
施 0.25 公分氮素	9.5	0.63	24.1
施 0.50 公分氮素	12.0	0.53	25.8
施 1.0 公分氮素	17.4	0.77	24.1
施 2.0 公分氮素	27.1	2.60	8.6
施 3.0 公分氮素	30.2	2.43	5.5
施 5.0 公分氮素	31.7	2.84	5.0

由上表可見每施氮素至一公分，菸葉之產量隨之遞增，其成分則未有顯著之變化。增至一公分以上時，產量雖增，品質則劣化矣。此種限制土壤肥沃度之不同而異。在黑土，雖不另施氮肥，土壤所含之氮素已嫌過多。在此種情形，吾人僅可多施磷肥以緩和其作用。

氮肥不足，菸葉之產量過少。氮肥過多，菸葉含脂肪，蛋白質與非蛋白質含氮物均多，具不良氣味，並變粗厚，不易成熟。葉色深綠，乾燥之後或暗棕色，且易罹病害。栽培咀嚼用或雲南煙草，則可多施氮素。

化學氮肥中，磷酸鈣，尿素，硝酸鈣，智利硝，均可以用。

3. 磷肥 菸草自土中抽取磷酸之量較少，故磷肥對於菸草不及其與鉀之重要。Kissling 氏承各種農作物之收穫物所含之加里量，若當爲十，其所含之磷酸則爲：

菸草	1.6
甜菜	2.6
洋薯	3.5
小麥	8.0

若以菸草自土中所抽取之磷酸數量言，則較穀實作物所抽取者多。故栽培菸草，吾人亦應注意磷肥，在俄國施用磷肥於菸草，恆獲利益大。但又有許多學者以爲菸草不需磷肥，磷肥過多，葉易破碎，其燃燒質亦減低，菸灰之色不白。Babo 氏在其所著之菸作學中曰：「施用過多磷肥，能損壞菸草之品質，但亦能促進菸草之成熟」。D.N. Prjanishnikow 氏則報告在俄國

黑土區，施用氮或鉀於菸草者，結果最劣。施用磷肥者，結果甚佳。若以磷施於氮鉀區，則能將氮鉀之不良影響變為良好之影響。尚有人以為磷肥能助於菸草發根之發展，對於根毛尤有益處。如連旱年，其效更著。蘇門答臘之農民以為該地菸草無赤星病者或即係施用磷肥之結果。故菸草之磷肥問題，吾人尚應就各地之情形作研究以明之也。

4. 鉀肥 菸草係需鉀特殷之作物。加里能增進菸草之燃燒性。燃燒性良好之菸葉恆含大量之加里。栽培菸草不可不注意加里肥料。茲承J. Neslar氏之分析結果如下：

	灰份 %	cl %	K ₂ O %	Na ₂ O %
燃燒容易之菸葉	21.2	0.21	4.4	0.02
燃燒較難之菸葉	27.0	1.57	1.6	0.04

Wanar氏以為燃燒容易之菸草至少須含5%加里，燃燒良好者須含6.7%。加里不但可增加產數，又可增進其燃燒性與抵抗病蟲害之能力，尤以栽培雪茄菸草時為然。鉀鹽之中，以不含氯者為最優，因氯亦有害菸草之燃燒性也。硫酸鉀與草木灰等均可以用。

如土中缺鉀，菸草得缺鉀病。葉面生黃以至褐色斑點。葉邊捲曲。

H. Wilfarth與G. Wemmer氏謂產半60市斤菸草乾物質需一市斤加里。每市畝可施18—26市斤K₂O。如欲抵抗菸葉之病蟲害可於每株施五公分硫酸鉀為追肥。施用鉀肥，須計算其他肥料中所含之加里。既施其他含鉀肥料，鉀肥之施用量可以酌減。

5. 天然肥料 S. Hermbstädt, C.F. Ulrichs等許多學者均謂牛糞能使菸草具良好香味，其養宜於苗味。土耳其人常以羊糞為菸草之肥料。美國農民常於每市畝施用4000—6000市斤廐肥。

綠肥對於菸草之用尚未十分明了。法人常以土耳其三葉草，白與黃羽扇豆拌於沙土，為菸草之前作。德人不用豆科作物為菸草之綠肥，僅有用油菜與芥子者。

人糞含氮甚富。施於菸草，使其氣味強烈，燃燒性減小。僅可施於臭用菸草。

血粉，角粉，爪粉，肉粉等效力過緩，不宜於生長期施用之菸草。美國農民有用海鳥糞及魚肥為菸草之肥料者。

菸草之莖與根含營養素甚富，並易分解，故可用為肥料。用前應切碎並須及早施下。菸草之莖可用製腐植質土壤以植菸苗。

我國與德國農民又常用油餅施於菸田。

6. 石灰 如上性過酸，則於移植前二至四星期施用石灰，使其反應達 H_6-7 。在輕沙土可用碳酸，石灰，在重粘土可用生石灰。有人謂石灰能改良菸草之氣味者，有待於證實也。

7. 鎂 鎂係葉綠素之成分。菸草至少含 $0.4\% MgO$ 。菸草上部之葉較下部含鎂為富。缺乏鎂者，菸葉呈病象。葉綠素之量開始減少，同化作用與其生成之澱粉量因之亦行低減。葉呈灰白色。此種現象開始於下部之葉，尤其葉葉尖。缺鎂之徵象與缺鉀者不同，葉變柔軟，無斑點，常下垂。

第十節 蔬菜之施肥法

第一目 蔬菜

普通農作物對營養素之吸收在各種植物中吸收營養素之情形，已經研究完，故較明了。蔬菜則否。故敘述蔬菜之施肥法，困難特多。吾國蔬菜之曾經研究者尤少。故本節所述不能不偏重於外。蔬菜。

蔬菜施肥法之迅速，可自其生長之速度中見之。茲據 Liessgang th. Reim 與 B. Lieske 等氏研究完之結果，將各種蔬菜按其吸用營養素多寡之情形分為四類；列於下表：

蔬 菜 種 類	每公頃中常產量所抽取之營養素量 (公斤)			
	氮素	磷素	鉀	石灰
第一類				
蓮花白 (Weisskoh)	280	85	320	426
赤球甘藍 (Rotkoh)	300	85	345	310
皺葉甘藍 (Wirsing)	270	70	285	300
抱子甘藍 (Rosenkoh)	210	61	226	170
羽皮甘藍 (Grünkohl)	189	36	175	125
球莖甘藍 (Kohlrabi)	270	89	105	67
此類蔬菜平均自土中抽去	221	58	218	217

第二類				
蕪菁 (Schwarzwurzeln)	115	42	174	68
蕪菁甘藍 (Kohlrüben).....	200	90	240	80
紅蘿蔔 (Karotten).....	155	60	215	235
洋葱頭 (Nwiebeln).....	90	37	120	72
芹菜 (Sellerie).....	122	51	188	152
此類蔬菜平均自土中抽出	138.4	56	187.8	114
第三類				
蠶性菜豆 (Buschbohnen).....	65	20	55	80
豌豆 (Erbsen).....	80	25	80	76
此類蔬菜平均自土中抽出	72.5	22.5	67.5	68
早洋薯與蠶豆 (Frühkartoffeln u. Stangenbohnen)...	110	25	85	180
胡瓜 (Gurken).....	51	41	78	27
蕃茄 (Tomaten).....	104	16	140	188
菠菜 (秋收) (Spinat Herbstern- te).....	95	40	125	27
菠菜 (早春收) (Spinat Frühah- rernte).....	75	36	105	29
結球萵苣 (Kopfsalat).....	49	22	118	24
苦蕒 (Endivie).....	89	22	196	46
食用大黃 (Rhabarber).....	168	38	220	425

(參考 H. Liesegang: Land w. Th. 67, 668 (1928) • Th. Romy u. E. Lierke: Nährstoffbedürfnis der hauptsächlichsten gärtnerischen Kulturgewächse, Graph. Kunstanstalt Walter Schmidt, Halle A. D. S. Mühlweg 49.)

由上表可知蔬菜吸用磷酸較少。但吾人栽培蔬菜萬不可忽視磷肥，因磷肥之被利用率至小也。

第一類係葉菜類。此類蔬菜生長迅速且大，所需之營養素至多，故可施大量之糞肥，而補充之以化學肥料。在此種蔬菜園，每市畝可施5000—8000—10000市斤糞肥。土壤有因種此類蔬菜，施大量肥料，易致病蟲害者，可接用第二類蔬菜之施肥法。

第二類係根莖菜類。此類蔬菜不可接用上述施肥法，而應較少，因其營養素多也。

第三類係洋蔥菜類。

第四類之蔬菜類，一切適宜之施肥法，而應分別按各蔬菜之個別需肥情況，施用肥料。

栽培蔬菜，務宜買肥料為第一。在時局困難，糞肥係蔬菜園之基礎肥料。糞肥不足，應以糞草堆肥補之。在肥料缺乏之土壤，可用牛糞。在粘重之冷土，可用馬糞。在園土可混合牛馬糞而用之。種植早熟之作物，如葫瓜，則亦可用馬糞。歐戰以前農民用糞肥濃液或糞禽流出之尿，施於蔬菜。此物固可促進營養生長迅速，但不可多用，否則有損蔬菜之香氣與滋味。曾經施用過糞尿之蔬菜，其時發生惡臭，且其青肥大，不耐久存。冬季蔬菜，常因濃液與尿之施予，不能耐寒。人糞尿性質與之相同，且含微生物，有礙衛生。吾國農民多用之，有待改良之亦也。

一切蔬菜均喜中性反應之土壤。種蔬菜園者不可不注意之。

第二目 各論

1. 葉菜類 此係蔬菜中需肥最多之種類，在短時期中，能生大量之葉。按地區情形言，早熟蔬菜種於四月中旬，六十一七十五日後每市畝可得270⁰市斤之收穫物。晚時蔬菜種於五月中旬，歷五個月半，每市畝可得5800—8000市斤之收穫物。

結球蔬菜應分早熟種與晚熟種而異其施肥法。種早熟種時，須使其發育並結球迅速。收穫之後，即可食用，無需要久保存，故可多施氮肥。晚熟種應以保存，必須以充份之磷鉀肥輔佐大量之氮肥。雷蘭那磷肥最宜於蔬菜。赤球甘藍糖加風特切。

花椰菜 (Blumenkohl) 之施肥法亦屬此類。

2. 根莖蔬菜類 栽培紅蘿蔔，不能用大量糞肥，恐其招引害蟲，並使根部發展不良也。欲使其發育旺盛，於陰天或人工灌溉之後，可施大量氮肥，加里與石灰亦至重要。施肥應早，勿使其在幼小之時，有缺乏營養素之慮。

綠葉類可補於觀賞作物之供。綠葉類所費用之營養素不多，但須大量吸養水，非施大量肥料不可，不可施用過多之肥，原因一如紅蘿蔔，其肥應施於土壤甚深，而洋蔥類則喜較淺之土壤。施用大量肥料則可使其茂盛，並增進其保存性。化學氮肥以硝酸鹽與鉀硝酸為主。故其法亦可採用。綠葉加最惡酸性之土壤。

芹菜需肥沃之土壤。充分腐熟之厩肥可於秋季或冬，冬季亦可利用畜糞。新鮮厩肥常使芹菜得銹病並變空心。芹菜之化學肥料施於溫室時，應施於下。芹菜需要一四營養素，尤為係加里。如加里不足時，則其質不食。如缺氮肥，則其收穫量不高，芹菜需石灰甚多。

8. 豆科蔬菜類 豆科作物能自給氮素，惟方其在幼小之時，視其生長要緊，宜降施氮肥，每市畝施一二斤氮素便可，豆科作物吸收加里則甚多之時有特強，但磷鉀肥仍應多施，因其需要量至大也。豆科作物不宜於鹼性土壤，故須注意土中石灰含量。

4. 其他蔬菜 胡瓜喜高溫少雨之地，可按第一類蔬菜施肥法施肥。每市畝需2000—18000市斤厩肥。缺氮影響收穫量。缺磷鉀則收穫量及品質俱受影響。

番茄對土壤酸化較不靈敏。如土壤含大量石灰可增加產量。番茄需磷最多。番茄如不能用第一類施肥法，可用第二類施肥法。土壤愈瘠，愈應施肥。在肥沃土壤用第二類或第三類施肥法均可。栽培番茄之要訣在於選種，選擇適宜之種植期，剪枝與施肥。

石刁柏 (Spargel) 喜溫暖多陽光之地，其地應極易通水之土壤，但不可過乾。在粘土亦能生長，惟收穫不豐。若以糞肥，堆肥，泥炭及沙等疏鬆土壤，所費過鉅，較不經濟。

石刁柏最惡酸性土壤。其喜鹼性之程度如何，吾人現時不能知。土壤鹼度增加，石刁柏發育即行劣化。

石刁柏所需之營養素至少。如種植甚密，並以久存，則須多施肥料。

種植石刁柏，第一年年每市畝可施4000—5800市斤厩肥，並應深犁於土中，兩星期後，石刁柏之根即密佈於糞肥之上。第二年可施十四市斤40%鉀鹽，十四市斤過磷酸石灰，與十四市斤硝酸鈉。硝酸鈉較硫酸銨為佳，其效應，使石刁柏生長粗大。

石灰可於開始種植石刁柏時施下。八或十年後再施。

Lipschultz 氏建議每三年應施腐肥一次，每三年至四年應施石灰一次。粘土施26—320市斤生石灰，沙土施320—420市斤滅硫石灰。如收穫量甚大，每市畝可得1000市斤石刁柏，則可補施100市斤硫酸銨，120市斤鉀硫酸或45市斤40%鉀鹽、40市斤磷酸石灰(18%)，與50市斤湯馬斯磷肥。Lipschultz 氏謂硫酸銨及磷酸鈉為佳，並可一次施下，生成大量並早熟之收獲物。硫酸鈉可於降雨之前施用，但其效不可靠。湯馬斯磷肥宜輕土，過磷酸石灰宜重土。石刁柏宜於溶解之磷酸，或在沙土此二種磷肥可以並用。湯馬斯磷肥與鉀可於秋季，過磷酸石灰與氮肥可於六月石刁柏收穫後施下。

Th. Henry 氏與 F. Weiske 氏謂石刁柏對於氮，磷，鉀，石灰之需求，僅大一年，至第五年達其最高峰。第六年之需求稍遜，並維持狀況至於第十年。過此，需求又漸減。石刁柏之施肥可以此為根據。

如土壤所含之養料，與所施腐肥所含之營養素足應石刁柏第一年之需求，則每市畝於早春可施：

40市斤 洛那精
30市斤 40%鉀鹽
65市斤 過磷酸石灰

與足以推產土壤中極反應之石灰。

以後每年每市畝之施肥量可按下表：

	洛那精 (市斤)	40%鉀鹽(市斤)	過磷酸石灰(市斤)
第二年早春	45	40	80
第三年收穫後	60	50	100
第四年	70	60	120
第五年至第十年，每 年第十至第十五收穫 之年所施量前略少	62	52	110

以上所舉之數量均須按各地土壤，氣候等等之不同而加以斟酌也。

第十一節 各種耕種制之施肥法舉例

施肥法與輪作相配合，前已述其原因矣(參考本章第一節第五目)。

述各國名學者所設計之各種輪栽制之施肥法數值以爲例，辨明其原理。所用單位皆已變爲市斤/市畝。

第一目 肥土與瘠土之輪栽制之施肥法

第一例。輪栽次序：小麥，燕麥，根莖作物，燕麥，黑麥，三葉草，牧場。設計者：F. Honcamp 氏。

(1) 小麥：夏季先施廐肥。秋間 K_2O 與 P_2O_5 各施6.7市斤。早春之時，如生長不良，可施3.3—4.5市斤或更多之氮素爲追肥。

(2) 燕麥：5.8—6.7市斤N，有時可分兩次。

(3) 根莖作物（ $\frac{1}{2}$ 洋薯 $\frac{1}{2}$ 甜菜）：兩者俱均勻施予2000—4000市斤廐肥與10.5市斤 K_2O 。此外，甜菜可再施8—9市斤 P_2O_5 與8—10.5市斤N。洋薯可再施4.0—5.8市斤 P_2O_5 與5.8市斤N。

(4) 燕麥：4.0—5.3市斤N。

(5) 黑麥與三葉草混栽：秋間播種前施 8.0市斤 P_2O_5 與10.5—16.0市斤 K_2O ，早春施5.3市斤N爲追肥。

(6) 三葉草：不施肥料。

(7) 牧場：不施肥料。

說明：小麥生於肥土並曾施廐肥，故於秋季僅施少量鉀海鹽與過磷酸石灰爲磷鉀肥。有時，鉀肥可以不用。早春之時，施否氮肥，用數若干，悉視冬季中小麥生長之情形而定。所用氮肥應爲效速之硝液氮。

燕麥僅需氮肥。磷鉀之需要量不大。燕麥吸收土中營養素之能力至強。氮肥則以液氮，硝酸氮與石灰氮素爲適。後者應在播種前十餘日施下，摺入土中。如分析土壤所得之結果示土中所含磷鉀，不足分，始可施磷鉀肥。

栽培根莖作物時，可施廐肥，因在一切農作物中，此種作物最能利用廐肥。洋薯一如甜菜，需鉀甚多。關於後者之鉀肥，形態不拘（鉀海鹽，鉀鹽等）。洋薯對氮反應不佳，絕不可用鉀海鹽，而以硫酸鉀與硫酸鉀爲最良。燕麥之氮肥以液肥爲上，但不可用硫酸銨。在種植前或種植後迅即施下。燕麥喜磷酸銨，亦可用磷酸銨與液氮並含之肥料施予之。鉀肥可於播種前施下，石灰氮素亦可以用。甜菜之氮肥按一般情形多分數次施予，第一次施後，其後數次僅於中耕之前施下。甜菜喜溶解性之磷酸，故以易於溶解之磷肥爲上。栽培洋薯時，如已施有廐肥，則情形稍異。如施用廐肥之量不大，或廐肥之質不佳，則僅補施以磷肥。

燕麥栽培於根莖作物之後，土中尚剩有磷鉀肥料，故不必再施。以氮肥補充之即足。磷肥，硝酸鹽或石灰氮素均可以用。

黑麥於秋間播種之前得有豐富之磷鉀肥，其量則視與其混栽之三葉草之量而定。鉀肥之形態不拘。磷肥則以湯馬斯磷肥或雷蘭那磷肥為上。最初可施氮肥或硝酸鹽為追肥。氮肥兼含氮與硝酸鹽者（如洛那精）亦可以用。

紫草與牧草不宜直接施予肥料，因於栽培前此之作物時曾多施磷鉀肥，土中尚有剩餘也。

如土中缺乏石灰，則可於繼小麥後之燕麥收割後施予並犁下之。亦可於三葉草田放牧之後施下。于此情形，腐肥不可施於三葉草之樹株中，而須於土犁翻之後，再行施下。

第二例 輪栽次序：油菜，小麥，燕麥，根莖作物，燕麥與三葉草混栽三葉草，牧場，憩田。設計者：F. Honecamp氏。

(1) 油菜於前年施用肥料之憩田中：播種之前，施10.5市斤 K_2O 與4.6—5.8市斤 P_2O_5 。早春視生長之情形酌施5.8—8.0市斤。

(2) 小麥於秋間播種前施5.3市斤 K_2O 與3.3—4.6市斤 P_2O_5 。早春視生長情形酌施2.7—5.8市斤N。

(3) 燕麥：於播種前以5.8—8.0市斤N作一次施下，或先施2/3，而剩其餘為追肥。

(4) 根莖作物（ $\frac{1}{2}$ 洋蔥， $\frac{1}{2}$ 甜菜）之施肥法一如前例。惟此處僅施2700市斤腐肥。

(5) 燕麥與三葉草混栽：播種前施10.6市斤 K_2O ，6.7—8.0市斤 P_2O_5 與4.0—5.3市斤N。

(6) 三葉草：不施肥料。

(7) 牧場：不施肥料。

(8) 憩田：腐肥。

石灰可於繼小麥後之燕麥收割後或三葉草田放牧之後施下。

說明：油菜係需肥極多之作物。在極富於鉀之土或施有欠量腐肥之園中，可少施鉀肥或完全豁免。磷肥以過磷酸石灰為最適。栽培油菜氮肥不可施用過量。不然，種籽為缺油之患。氮肥以硝酸鹽為最佳。

小麥有腐肥甚多並在憩田中較培之油菜為其前作，故施少量之加里，磷肥與氮肥，即足以應其需要。後者可於早春用作追肥施下。如不灌澆者，腐

野用硝水澆。其施用量視小麥生長情形之如何酌定之。

澆麥使種肥。其理由在第一例已述之矣。於播種前作一次施下。

根莖作物施肥之法及其理由，第一例中已述之矣。

澆麥與三葉草混播時可施豐富之磷鉀肥，其量足以應三葉草之需要。在此，磷肥以過磷酸鈣，鉀肥以鉀硫酸鈣上，當備那磷肥，過磷酸石灰，以及濃厚鉀鹽，亦可以用。

三葉草與牧場不施肥料。

總田施以2670市斤糞肥。

第三例 輪栽次序：洋薯，小麥，甜菜，大麥。設計者：W. Schneidwind氏。

(1) 洋薯：2700市斤良好之糞肥。

(2) 小麥：秋間播種前施5.8—8.0市斤 K_2O （土壤含磷已富，即可不施），4.0市斤 P_2O_5 與2.7—4.0市斤N。早春不施任何肥料。

(3) 甜菜：2700市斤糞肥，10.6市斤 P_2O_5 ，4.6—5.8市斤 K_2O ，視糞肥之質之良否，施5.8—8.0市斤N。

(4) 大麥：6.7—8.0市斤 K_2O ，4.6—5.8市斤 P_2O_5 與1.8—2.6市斤N。

說明：在耕種良好之肥土中，2700市斤品質良好之糞肥已應洋薯之需要。

小麥需加里頗多，其吸收加里之能力不強，故雖處於曾經施用糞肥之洋薯後，仍應施以鉀肥。小麥之需磷量甚少，故可少施磷肥。其氮肥可用糞肥或石灰氮澆，於秋間施下，因早春應用硝水易致倒伏之危並性質劣化及弊也。

甜菜施完全肥料。其理由於第一例中已述之矣。

大麥需營養素雖不多，但其要用土壤磷鉀之力甚弱，故須施大量磷肥。磷肥以過磷酸石灰為上。鉀肥應多用，因大麥需鉀頗多，同時其吸收力又不足也。氮肥不可多施，不然將損其品質。石灰可於澆薯收澆後施下，肥入土中，亦可施於小麥與大麥之溝條中。

第二例 中帶土壤（壤質沙土與沙質壤土）之輪栽之施肥法

第一例。輪栽次序：黑麥，無籽綠豆，燕麥，澆麥及甜菜作物，在大麥以前綠豆及甜菜作物，洋薯。

(1) 黑麥：秋間播種前， P_2O_5 與 K_2O 各施 4.0—5.3 市斤。早春施 5.8 市斤 N。

(2) 飼料雜草：2700—4000 市斤廐肥。後視廐肥之施用量施 6.7—8.0 市斤 K_2O ，4.0—5.3 市斤 P_2O_5 。

(3) 燕麥：5.8 市斤 N。

(4) 混栽之飼料作物：3.8—4.0 市斤 P_2O_5 ，5.8—8.0 市斤 K_2O 與 2.7 市斤 N。

(5) 冬大麥以羽扇豆為割採作物：秋間播種前施 8.0—10.6 市斤 K_2O ，5.8—6.7 市斤 P_2O_5 。早春施約 4.0 市斤 N。

(6) 洋薯：施綠肥，不施其他肥料。

石灰可施於黑麥之割採中，或洋薯收穫之後，並迅即耙入土中。羽扇豆屬石灰，故施用石灰距栽培羽扇豆之時期愈遲愈佳。

說明：栽培黑麥，須施磷肥，因栽培其前作馬鈴薯時，綠肥之外，亦施其他肥料。在此，經濟磷肥其他磷均可用。在酸粘之土可用過磷酸石灰或磷肥，在沙土，應用湯馬斯磷肥。

施於飼料作物之鉀肥可用鉀硫酸，磷肥可用過磷酸石灰。氮肥可全用，或至少一部可用硝酸鹽。化學肥料之施用量可與廐肥之質與施用量相配合。

施於割採作物或豆科作物之混作之營養素應取易於溶解並效力甚速者。磷肥則湯馬斯磷肥亦可以用。

栽培大麥時，為使其割採作物羽扇豆亦能得充分之營養故，應施大量鉀肥（鉀硫酸）及磷肥（過磷酸石灰）。早春可施少量硫酸銨或洛那磷為氮肥。

栽培洋薯時，如所施之綠肥，性質良好，可不施其他肥料。反之，視綠肥之質與施用量酌施鉀鹽與硫酸銨為磷氮肥料。如綠肥質量俱差，始有補施磷肥之必要。

第二例。輪栽次序：小麥，甜菜，燕麥與三葉草混栽，三葉草。

(1) 小麥栽培於三葉草後。秋間播種前，施 3.7 市斤 K_2O ，5.8—6.7 市斤 P_2O_5 。早春施 4.0 市斤 N。

(2) 甜菜：2700—400 市斤廐肥，8.0—10.6 市斤 K_2O ，8.0—6.2 市斤 P_2O_5 與 6.7—8.0 市斤 N，視廐肥之質與施用量而定。

(3) 燕麥與三葉草混栽： K_2O 與 P_2O_5 各 6.7—8.0 市斤，9.8 市斤 N。

(4) 三葉草：不施任何肥料。

如土壤需石灰，可於小麥收穫之後，如能施於栽培燕麥之前亦可。

說明：栽培小麥之前作時，未施任何肥料，故於栽培小麥時，應施中量之鉀高鹽與湯馬斯磷肥或磷肥。因有三葉草為其前作，故此將僅施中量之氮肥。如無銹病之危險，最好用硝酸鹽為氮肥。

施於甜菜之各種營養素之量全視所施鹿肥之量與質而定。

燕麥係與三葉草混栽，故須多施鉀高鹽與湯馬斯磷肥為鉀磷肥。氮肥形體可以不拘（硫酸銨，洛那精，硝酸鹽 或石灰氮素均可）。

三葉草不施於任何肥料，如所栽培者非純粹之三葉草，而為三葉草與木本科牧草之混作，則如遇生長情形不佳，可施少許硝酸鹽為氮肥，以促其生長。

第三目 雜沙土之輪栽制之施肥法

第一例。輪栽次序：黑麥與舍拿得拿混栽，洋薯，黑麥或收穫籽為目的之羽扇豆。

(1) 黑麥與舍拿得拿混栽：秋間播種前施6.7—8.0市斤 K_2O ，4.0—5.0市斤 P_2O_5 。早春施4.0—5.8市斤N，可分二次施下。

(2) 洋薯：施綠肥又1100—1200市斤鹿肥。此外，再施5.8—8.0市斤 K_2O 。

(3a) 黑麥：秋間播種前施4.0市斤 P_2O_5 ，早春施5.8市斤N，分二次施下。或

(3b) 收穫籽為目的之羽扇豆：施 P_2O_5 與 K_2O 各4.0—5.8市斤。

說明：黑麥因與舍拿得拿混栽之故，施完全肥料。冬間播種前施鉀高鹽與湯馬斯磷肥為磷鉀肥料，而氮肥則於早春用洛那精施下，後者硝酸鹽與氮氣並舍之。

栽培洋薯：綠肥施後，可再施少許鹿肥，其量視綠肥之質而定。洋薯需鉀甚多，故尚須增施高濃度之鉀鹽。

栽培黑麥時，可施中量之湯馬斯磷肥。在此，用為追肥之氮肥以洛那精為上。如不栽培黑麥而栽培收穫籽為目的之羽扇豆，則施以鉀高鹽與湯馬斯磷肥為磷鉀肥。

第二例。輪栽次序：黑麥，洋薯，黑麥。設計者：Schneidewind氏。

(1) 黑麥：秋間播種前施6.7市斤 K_2O ，4.0—5.8市斤 P_2O_5 ，與1.8—2.0

6市斤N。早春施2.6—4.0市斤N。

(2) 栽培洋蔥：施用綠肥。如綠肥質量俱備，可施18.0市斤 K_2O 與8.0市斤 P_2O_5 。如綠肥質量中常，施1900—2000市斤廐肥以及10.6市斤 K_2O 與5.3—6.7市斤 P_2O_5 ，2.6市斤N。如綠肥質量俱高，施2700市斤廐肥，10.6市斤 K_2O ，5.3—6.7市斤 P_2O_5 ，並視廐肥之品質，施3.7—4.0市斤N。

(3) 蕎麥於秋間播種前施4.0—5.8市斤 P_2O_5 。早春施4.0—5.8市斤，並可分數次施下。

沙土須常施石灰，最好經常施用大量之湯馬斯磷肥。如須直接施用石灰，則次數宜多，每次所施之量宜少。

說明：用於一切輕沙土之磷鉀肥以鉀湯馬斯磷肥為上。栽培洋蔥則非用高濃度之鉀肥不可。施用硝酸鹽於沙土，須非常謹慎，在沙土，洛那高收種硝酸鹽為優。於草綠肥，可施化學肥料，其施用量須視綠肥之質與量而定。

以上所舉之例，均為德學者針對德國情形設計者。所言之肥料種類與施用量，均因地而異，不能作為標準，茲舉考而已。我國農業情形與德國大異。灌溉、作此種研究者極少。現姑舉德國之材料如上，供國人研究其原理而已。

附錄一 重要參考文獻

中 文

2. 王日燾：雲南磷礦之成因及時代。地質論評6, 1-2 (民國80)
3. 王世中譯：土壤學之新發展。正中 (民國34)
8. 王世中，趙峻田合譯：土壤微生物學講義。青年書店 (民國34)
4. 中國礦業紀要。地質專報丙種第六號第六次第五十四頁 (頁24-29)
5. 包伯炎：福建省農作肥料需要情形。福建農業7, 8-9 (民國31)
6. 朱海帆：皖，徽，湘，鄂農田施肥調查記。農報9, 17 (民國30)
7. 朱海帆：中農混合指示劑之研究經過。農報7, 28-35 (民國31)
8. 利查遜：四川之土壤與農業。中央農業實驗所 (民國31)
9. 利查遜，黃達河，張乃鳳：磷肥之化學及其製造。農報6, 25-27 (民國30)
10. 科學與廣西植物生產：廣西農事試驗場，農林部廣西省推廣農殖站，農林部中央農業實驗所聯合辦公室。(民國32)
11. 原頌周：中國化學肥料問題。農報4, 2 (民國28)
12. 陳方濟：幾種油餅在土壤中之氮及磷酸化成狀況。中華農學會會報15⁷ (民國32)
18. 陳方濟：中國肥料問題。中華農學會會報75-76 (民國19)
14. 陳方濟，厲照琴：肥料試驗報告。國立中央大學農業叢刊1, 2 (28)
15. 陳恩鳳譯：土壤及其成因。土壤季刊 1, 1-2 (民國29)
16. 陳卓英：陝西省關中區夏季豆類綠肥作物調查報告。農報7, 10-15 (民國11)
17. 陳卓英：湘桂黔三省冬作綠肥調查報告。7, 22-27 (民國31)
18. 葉立飛，馮範球，孔憲成：水稻石灰施用量比較試驗。廣西清遠區農場民國二十九年度工作報告書
19. 孫達吉：棉作學講義。浙大油印本。
20. 孫 茂：四川內江產量及品質與土壤肥料之關係。土壤季刊8, 1-2 (民國32)
21. 徐天錫，張國材，李維新：冬作綠肥作物與小麥等作物混播對水稻產量之影響

- 究。廣西農業1,5(民29)
22. 徐明光, 張信誠: 根瘤菌與豆科作物。廣西農業3,4(民31)
23. 張乃鳳: 肥料建設論。經海建設季刊1,8(民32)
24. 張乃鳳: 化學肥料在中國之價值與前途。西南實業通訊5,4(民31)
25. 張乃鳳: 堆力之測定。土壤季刊2,1(民30)
26. 彭宗元: 肥料學。商務(民24)
27. 彭宗元, 陳禹平: 四川省農業改進所化學組肥料試驗結果報告。
(民29)
28. 彭宗元, 陳禹平: 廣東土壤之肥料田間試驗報告。中華農學會會報165
(民27)
29. 彭宗元, 陳禹平, 林柏勳: 施用硫酸銨及有機質肥料對於稻米品質及土壤性質之影響。土壤季刊1,8(民30)
30. 費瑞繪, 李嘉猷: 稻田石灰施用適量試驗。廣西農事試驗場二十八年
工作報告(1941)
31. 劉和: 土壤學上中卷。商務(民25)
31. 劉海蓬, 孫義: 四川省內江甘蔗生長情形與土壤之關係。土壤季刊1,2
(民29)
32. 廖應祥, 馮兆林: 四川省農家肥料之利用。土壤季刊3,1—2(民32)

日 文

1. 大工原:	農事試驗報告	第15號	(明治29年)
2. 大工原:	同	上	第19號 (明治34年)
3. 大工原, 今關:	同	上	第24號 (明治41年)
4. 大工原:	同	上	第32號 (明治38年)
5. 今關:	同	上	第32號 (明治41年)
6. 今關:	同	上	第36號 (明治48年)
7. 永井或三郎:	日本稻作勝達		(大正15年)
8. 花井:	農事試驗報告	第19號	(明治34年)
9. 花井:	同	上	第22號 (明治35年)
10. 松岡:	同	上	第28號 (明治36年)
11. 鏡:	同	上	第28號 (明治36年)

圖 文

1. Albrecht, W. A.: Mo. Agr. Exp. Sta. Bul. 258 (1927).
2. Arbeiten über Kalidüngung: Die Wissenschaftliche Abteilung des deutschen Kalisyndikats, Reihe I u. II, (1931-1935).
3. Bolly, W.: The employment of green manures in rice. *Crow. Ing. Intern. Rev. Agr.* 27, 1 (1936).
4. Bear, F. E.: Soils and Fertilizers (1942).
5. Bear, F. E.: Theory and Practice in the Use of Fertilizers (1929).
6. Becker: Handbuch des Getreidebauens, Berlin. (1929).
7. Blanck, E.: Handbuch der Bodenlehre, Bd. VIII u. IX, Berlin (1931).
8. Brown, H.: Cotton (1938).
9. Buck, J. L.: Land Utilization in China, Shanghai (1937).
10. Collison, R. C. and Conn, H. J.: New York Agr. Exp. Sta. Circ. 95. (1928).
11. Ellady: Der Reis (1928).
12. Gardner, F. D., Nolte F. C. and Baker, P. S.: Thirtyfive Years Results with Fertilizers, Fa. Agr. Exp. Sta. Bull. No. 146.
13. Geerlings, P.: Zuckerrohr, Hamburg (1925).
14. Hall, A. D.: Fertilizers and Manures (1928).
15. Halversen, W. V. and E. F. Togerson: Production of artificial Manure by Fermenting Straw, Journ. Am. Soc. Agronomy. 19, 7 (1927).
16. Haselhoff, E. u. Blanck, M.: Lehrbuch der Agrikulturchemie I Berlin (1927).
17. Heinrich, R. u. Nolte, O.: Dünger u. Düngearten, 8 Aufl. Berlin (1922).
18. Heuser, O.: Hanf und Hanffasern, Berlin (1927).

19. Hoff r, G. N. : Journ. Am. Soc Agr. 18, 29 (1926).
20. Honecamp, F. : Handbuch der Pflanzenernährung u. Düngerlehre, T. u. B. Seiler (1921).
21. Hutchinson, H. B., and Richards, E. M. : Journ. Ministry Agr. 23 (1921).
22. International Institute of Agriculture : International Yearbook of Agricultural Statistics, Rome (1929).
23. Jacob, A. : Der Einfluss der Kalkdüngung auf das Hektolitergewicht von Getreide, Zeitschr. f. Pflanzenernährung u. Bodenkunde, Teil 2, Nr. 2 (1929).
24. Jacob, A. : Der Einfluss der Düngung auf die Qualität der Früchte, Ernährung d. Pflanze, 26, 10 (1929).
25. Jacob and Coyle : The Use of Fertilizers in Tropical and Subtropical Agriculture, London (1931).
26. Johnson, W. H. : Cotton (1928).
27. Keppen, H. : Die Bodenazidität, Berlin (1929).
28. Kellner, R. : Handbuch der Tabakkunde, des Tabakbaus u. der Tabakfabrikation, Berlin (1925).
29. Klabarger, W. : Grundsätze der Pflanzenernährungslehre und Düngerlehre, II, Hannover (1914-1928).
30. Klose, P. : Der Kalk, Stuttgart (1932).
31. Liu, Y. L. (劉伊斐) : Zur Photochemischen Bestimmung von Aika und Erucika in Italien, Dissertation, Friedrich Wilhelm Universität in Berlin (1938).
32. Lemmermann, O. u. Fresenius, L. : Zeitschr. Pflanzenern., Düngg. u. Bodenkunde, A. 2, 368 (1923); B. 6, 163 (1927), A. 15, 249 (1929).
33. Lunzgarth, H. : Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen, Jen (1922).
34. Mendenhall, B. : The Nature and Properties of Soils (1932).

35. Mac Intosh : The Potato : Its History, Varieties, Culture and Diseases, London (1927).
36. Mitscherlich, E. A. : Die Bestimmung des Düngerbedarfs eines des Bodens, Berlin (1930).
37. Niklas, H., Poschenrieder, H. and Trischler : Die Ernährung der Pflanze, 26. 97 (1930).
38. Nolte, O. : Düngesibei, Arbeiten der deutschen Landw. Gesellschaft, Nu. 7. Berlin (1929).
39. Nostitz, A. u J. Weigert : Die Künstliche Düngemittel, Stuttgart (1928)
40. Ost, H. u. Passow, B. : Lehrbuch der Chemischen Technologie (1939).
41. Otrygandew : Die Düngung des Zigarrettentabaks (1925).
42. Pieters, A. J. : Green Manuring, New York (1927).
43. Irjan'ce nik w, D. N. : Spezieller Pflanzenbau, Berlin (1930).
44. Roemer : Der Feldversuch, Arbeiten der D. L. G. Berlin (1930).
45. Roemer, Th. u. Scheffer, F. : Ackerbaulehre, Berlin (1928).
46. Russel, E. F. : Soil Conditions and Plant Growth, London (1938).
47. Russel, E. F. : Artificial Fertilizers in Modern Agriculture Ministry of Agriculture and Fisheries. Bull. No. 28, London (1938).
48. Schmalzuss, K. : Das Kalium, Freising-München (1936).
49. Schneidewind, W. : Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 6. Aufl. Berlin (1926).
50. Stewart, R. : The Mitscherlich, Wilmann and Neubauer Methods of determining the nutrient contents of Soils, Tech. Comm, No. 25, The Imp. Bur. of Soil Sci London

- (1932),
51. Tobler, H. : *Der Flauch als Faser- und Ölpflanze*, Berlin (1928.)
52. Virtanen, A. T. and Laine, T. : Investigation on the root nodule bacteria of leguminous plants VIII. The excretion products of root nodules. The mechanism of nitrogen fixation. *Biochem. Jour.* 33, 412-42; (1939).
53. Van Slyke and Lucius L. : *Fertilizers and Crops* (1927).
54. Wagner, W. : *Die chinesische Landwirtschaft*, Berlin (1926).
55. Waksmana, S. A. : *Principles of Soil Microbiology* (1932).
56. Wheeler : *Manure and Fertilizers* (1924).
57. Wright, C. H. : *Soil Analysis* (1934).

附錄二 中外度量衡制簡表

甲、本國制度

1. 標準制

	合市用制
1公尺 = 10公寸	合8市尺
1公頃 = 100公畝	合15市畝
1公石 = 10公斗 = 100公升	合1市石
1公噸 = 100公斤 = 1000公兩 = 100,000公分	合200市斤

2. 市用制

	合標準制
1市尺 = 10市寸	合0.3333公尺
1市頃 = 100市畝 = 1000市分 = 600,000平方市尺	合666.67公畝
1市石 = 10市斗 = 100市升	合1公石
1市擔 = 100市斤 = 1600市兩	合50公斤

乙、英美制度

	合標準制
1呎 = 12吋	合0.3048公尺
1英畝 = 16方畝	合40.468公畝

農作物施肥法原書

1擔 = 112磅	50.8024公斤
-----------	-----------

丙、日本制

	合 國 環 制
1丈 = 10尺 = 100寸	合3.030公尺
1段 = 10畝	合9.917公畝
1百 = 10斗	合1.8039公石
1圓 = 6.25斤 = 1000分	合3.75公斤

中華民國十五年二月初版

* 有 所 權 版 *
* 究 必 印 刷 *

農作物施肥法原理 一册

(* 6225 渝海)

渝版滙泉紙

定價國幣貳元壹角

印刷地點外另加運費

著 者 王 世 中

發 行 人 王 雲 五

印 刷 所 南 務 印 刷 廠

發 行 所 南 務 印 書 館

基 礎 5 1

