



驗證實何種作物最為適合。混栽作物利處甚多，吾人亦應注意及之。

植物根與殘株遺留於土中之乾物質量亦極有注意之價值（參閱本書第四章第一節第一目）。每市畝生長中常之深根豆科作物遺留於土中之殘株與根部約等於施用4000市斤之糞肥。

綠肥作物之根株殘餘，耕於土中之後，即行分解，較廐肥之分解尤速。其速度受許多因子之支配，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。如植物含溶解性之碳水化合物與纖維素甚富，木素甚少，則分解較速。不易分解之植物部份，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，行「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。經數年經常施予綠肥（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。兩者對於沙土尤為重要。增加腐植質係改良沙土之最要方法。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，俱變良好，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，腐植質分解強盛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弊處，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，吸用空中氮素。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，根瘤菌藉其侵入綫 (Infection thread) 自侵入其適當之共生植物之根毛後，向根之中部發展，分散於植物根部細胞之細胞質中，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。土壤濕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。土中如含過多之硝

酸鹽或氮化合物則抑制根瘤之生成。土中富含磷者，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 Canahensis* L., *C. Siliuastrum* 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 氏以羽扁豆為試驗，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 氏以舍拿得拿與羽扁豆混栽，每公頃得 179 公斤氮素，合每市畝 12 市斤。徐明光與張信誠兩氏綜合許多學者試驗得之結果，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苕子，中含十五斤氮素。如以苕子綠肥為惟一氮素肥料，則每十畝田，夏季全種水稻，冬季七畝種苕子，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 等氏之研究結果，綠肥作物作割株作物 (Stopdelfrucht) 時，其根部含氮量相當於總含氮量之百分數，有如下列：

春苕	約 4—5%
西班牙碗豆	約 4%
舍拿得拿	約 2—7%
碗豆	約 2—4%
蠶豆	約 8%
羽扁豆	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。

至於後造作物利用各種綠肥之氮素之程度，吾人現尚不能斷言，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 氏曾量數農作物在一平公尺之地面上之葉之面積，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
舍拿得拿	34.0	平方公尺
聖三葉草	38.4	平方公尺
紫苜蓿	85.6	平方公尺

紫苜蓿之葉面最大，故在早年，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於土上，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，庶幾種植之時，得免失敗。吾國綠肥作物種類甚多，農民經驗亦富，惜記載過少，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		

白羽扁豆	Weisse Lupine	Lupinus albus L.	良土	石礫，沙以至壤沙土	極有	有害
黃羽扁豆	Gelbe Lupine	Lupinus luteus L.	輕土			
紅花羽扁豆	Rötlichblühende Lupine	Lupinus augustifolius var. fl. roseo Brand.	瘠沙與沙壤土			
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.	重與輕土	一切土壤，包括石礫，山峯，石塊，斜坡等	有益	有害
黃三葉草	Gelbklee	Medicago lupulina L.	一切土類	一切通性良好之士類	有益	有害
紫苜蓿	Luzerne	Medicago Sativa L.	如有次述之下土，一切土類均宜。	通性佳，孔隙多，營養素與石灰富	需要	有害
紅三葉草	Rotklee	Trifolium pratense L.	壤質沙土，壤土與粘土	通性佳，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	喜	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
瑞典三葉草	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.	暖，通性好，非完全不能耕種之沙土	通性好之士	有益	有害
舍拿得拿	Seradella	Ornithopus	沙土，壤質沙土，腐植	通性好之士	有害	有害

		Sativus Brotero	質沙土，沙質壤土，尤其係於濕地			
聖三葉草	Esparette	Onobrychis Sativa Lmk.	無條件，下土重要	灰泥岩，石灰，通氣性良	無條件	有害
冬苕	Zottelwicke	Vicia villosa Roth.	一切土壤	通水性良	喜	有害
春苕	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	富於營養素，通水性良	需要	有害
	Narbonnensische Wicke	Vicia Narbonensis	一切土壤，除極乾，貧於腐植質之土	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 aegyptica 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	Erbse	<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	Peluschke	<i>Pisum arvense</i> L.	輕與重土	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		
黑麥	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，與曾經良好施肥之低地原聚植土	通性良之土	需要	有害
茹菜	Rübsen	<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，在最劣之沙土與礫土上，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

黃三葉草均需少許石灰。胡枝子則頗能耐酸。如遇酸性輕土，則黃與藍羽扇豆亦可以栽培。其根至強，可穿透一切緊密土層如硬盤等。石灰對之有害。

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，不畏灌溉與積水。在石灰土，則以聖三葉草為最佳。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。

下土之性質對深根作物，如紫苜蓿，聖三葉草等最為重要。此二作物需要富於營養素，壤質，多孔性，及不緊密之下土。土之性質對之反少關係。

舍拿得拿，聖三葉草，土耳其三葉草，紅三葉草，紫苜蓿等，在幼年時期，生長遲緩，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，樹葉，菸莖，菸葉，桑葉，灌木，草類等等莫不皆用。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，即連種數年而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。紫苜蓿與聖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。紫雲英與春苕之自耐性甚佳。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(Stoppelfrucht)，3. 上作制(Überfrucht)。茲分述之如下：

1. 主作制。主作制者，專種綠肥作物，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。陝西省關中區農民於夏季栽培黑豆與綠豆於麥田，即其一例。德農民常於極輕土壤上種植羽扇豆，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，即種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，冬來迅速之處。我國農民恆於水稻將成熟時，排去田水，點播蠶豆。稻既收穫，蠶豆亦生長數葉矣。

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。滇黔農民種植蠶豆，恆不耕翻割株，因恐水份蒸發過多，蠶豆生長不易。耕翻割株，便於除草，是其利處，但較費工。但秋末溫度過低之處，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，俱無問題，則割株作制較下作制為勝。

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，以利發芽，羽扇豆長大時，可禦風暴而護黑麥。前者之根，遍穿土中，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。以硬莖者與軟莖者混栽，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，恆較可靠。例如，混栽舍拿得拿與白三葉草。最初，舍拿得拿生長旺盛，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，超於前也。非豆科作物與豆科作物混栽，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.....	2292.3	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，春苜，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。

德國農民多於行混栽時，用非豆科作物，以扶持其他作物，並利用非豆科作物之深根，吸取下土之營養素。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.....	180—250	250—300
大粒種豌豆.....	160—200	180—240
小粒種豌豆.....	120—150	140—180
春苜.....	120—180	150—210
蠶豆.....	180—260	220—300
舍拿得拿.....	25—45	35—60
瑞典三葉草.....	8—12	10—15
黃三葉草.....	16—24	20—30

土耳其三葉草.....	18—30	30—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 菌 組	所 屬 植 物
苜蓿組	Rhizobium meliloti	天藍(Medicago lupulina L.)，紫苜蓿，苜蓿，白甜三葉草，二年生黃甜三葉草(Melilotus officinalis)，瑞士苜蓿(M. f. alcata)等。
三葉草組	Rhizobium trifolii	紅三葉草，白三葉草，瑞典三葉草，土耳其三葉草等。
豌豆組	Rhizobium leguminosarum	豌豆，山豆 (Lathyrus palustris var. linesarifolius Ser.) 春苜，冬苜，蠶豆等。
菜豆組	Rhizobium phaseoli	菜豆(Phaseolus vulgaris L.)等。
羽扁豆組	Rhizobium lupini	黃羽扁豆，藍羽扁豆，白羽扁，豆舍拿得拿等。
大豆組	Rhizobium japonicum	大豆
豇豆組	Rhizobium sp?	豇豆，蠶播帶(Lespedeza sericea)，雞眼草(Lespedeza striata)，刀豆，蠶豆，蕁豆，葛(Pueraria hirsuta, Schneid)，木豆(Cajanus. cajan Millsp)，花生，Crotalaria juncea L. 等。

上列各種物細菌組，雖各有其特殊之根瘤菌，但亦有相同者。豇豆組，大豆組，與羽扁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。

栽培豆科作物時，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，茲分述之如下：

1. 土壤接種法。自他處該豆科作物生長良好，根瘤發育健全之田中，取得土壤（內含性能優良之根瘤菌），撒佈於缺乏根瘤菌之農田中即可。每市畝約可用15—150市斤。亦有用水或膠水潤溼種籽，後以久種豆科作物之土與之拌和，而後持往田中播下者。行此二法，均須注意，勿使含菌之土壤過於乾燥，或為強光所照。最好能於潮溼之陰天撒於田上，迅即混以其他土壤。

2. 接種劑接種法。此法即用人工培養純粹細菌，直接接種於作物之種籽，或間接先接種於少量之土壤，然後再撒佈於田中。此法較為簡便，並可免除前法挾帶病蟲害之危險。最近歐美各國行之者甚多。市場上此類接種劑之商品亦甚夥。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科作物，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（參考本書第四章第四節）。

第四目 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。德人作此類試驗，最為成功。行下作制時，用蛇麻三葉草（Hopfenklees），沙紫苜蓿（Sand luzerne），瑞典三葉草，溫特三葉草，與舍拿得拿。行主作制與割株作制，則用白及黃羽扁豆，亦有用白豌豆及拍魯斯克者。綠肥亦可改良壤土及重粘土之性質。在此，可用之綠肥作物種類甚多（參考本章第二節第二目）。

耕翻綠肥於土中，應以使綠肥於種植後作之前充分分解，而其氮素尚未流失為度。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：

黃羽扁豆.....	67.4%	春苕.....	69.9%
舍拿得拿.....	85.5%	土耳其三葉草.....	70.5%
豌豆.....	66.7%		

以故，如以豆科作物為綠肥，須俟其開花後數週收割。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。其時期距播後作之時期，愈短愈佳，以防氮素之流失。如在粘土，亦不可耕翻過深，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，受氣候之侵剝。至後作將行播種時，則以重滾鎮壓之，然後耕翻。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，常有用是將其踏於泥中者。德國農民亦有懸一重鐵鍊於犁前，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。其量應視綠肥之種類，土壤之種類，及後作之種類而定。施充足之綠肥後，種需氮不多之作物，可不施氮肥。如種洋薯，甜菜等需氮甚多之作物，則恆需之。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見。據 W. Schneidewind, C. V. Sealhous 等氏之研究，在輕土綠肥氮素之被利用者約為 12-2 %，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。施用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，如洋薯，玉米，烟草，甜菜等，效力最大。

第三節 廐肥 (Stallmist)

廐肥乃家畜之糞尿及標草等之混合物。在畜牧制發達之國家，極為重要。施廐肥於土中，可增加其腐植質含量，幫助土壤細菌之活動與繁殖，產生二氧化碳，而改良土性，亦可供給植物以營養素。但其主要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。西諺有云，無廐肥即無農業。其在歐西農業上位置之重要，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，困難滋多，實非短期中所可奏效。我國之人，不多食肉，欲改其習慣，殊非易易。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，肥荒問題，迫在眉睫，急不容緩，須謀其他補救之道，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，葉肥等以濟之。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各種方法，如何避免其乾物質與氮

素之損失及各種厩肥之肥料價值等。

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褥草。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。褥草之種類繁多，其成分完全不能一致。

普通農家最常用之褥草，首推糞草，因此物價廉量多，故也。舖用褥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洩物。糞草經切碎之後，吸收液體之能力，更為增強。每百份糞草可吸收315-390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1.8至1.5份氮素。

根據Haselhoff氏，以普通排尿量計算，每畜每日所需之褥草量有如下表：

家畜種類	糞草(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. Wolff 氏，每畜每年約可得下列數量之厩肥：

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公擔厩肥。

馬糞含氮富，含水少，分解迅速，生熱甚多，宜於菜園。羊糞含氮更富，含水更少，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：

家畜種類	水%	有機物%	氮素%	磷酸%	加里%	石灰%	每日排泄量(公斤)
糞							
馬.....	76.8	21.0	0.44	0.85	0.85	0.15	19.5
牛.....	83.3	14.5	0.29	0.17	0.10	0.14	24.0
羊.....	65.5	31.4	0.55	0.31	0.25	0.46	4.7
豬.....	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.....	93.8	3.5	0.58	0.05	1.30	0.06	12.0
羊.....	87.2	8.3	1.95	0.20	2.26	0.16	0.8
豬.....	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，家畜排出之尿，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，此數組成物分解緩速不等。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。Waksman 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	39	96	157	290
	日 之 後			

半纖維素.....	23.5	22.8	15.7	13.4	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	28.4
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，廐肥之半纖維素含量，或 Pentosan (係半纖維素之一部) 含量常可指示廐肥腐熟之程度。完全腐熟之廐肥，其 Pentosan 含量常不超過12%。

根據 Flieg 氏之試驗，黑麥蘖之 Pentosan 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.....	18.5%
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。廐肥腐熟之後，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廐肥比較，得結果如下：

	黑土第六號	黑土第十六號	黑土第廿一號	腐熟廐肥(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.....	84.7	87.4	83.4	20.1
CLN	10.3	9.9	10.9	—

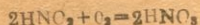
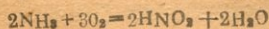
木素與蛋白質分解困難，但在通氣良好之情形下，亦能徐徐分解，以不斷之能之泉源供給細菌，對於土壤及土壤中各種作用甚有價值。

雖然，廐肥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。在厩舍中時，細菌已開始其破壞有機物之工作，將糖類，Pentosane，纖維素等化為 CO_2 ， CO ， H_2O ， CH_4 ， H_2S ， NH_3 與 N_2 等。取出厩舍之後，若堆積不緊，空氣流通，則需氣性細菌在短期之中，即可將厩肥變為疎鬆，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，須將厩肥壓緊並潤濕之，藉以排出空氣，使厭氣性細菌得盡性活動與繁殖。厭氣性細菌亦需氧素，一如其他生物。其氧素乃取於其週圍有機物中所含者。以是，厩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。厭氣性細菌之主要任務在於造成含能甚富之物質。施此種厩肥於土壤，使其行需氣性分解時，則對需氣性細菌之營養更為適宜。

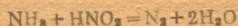
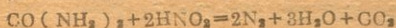
氮之損失與碳之損失互相關連。乾物質損失愈多，氮之損失亦愈多。水份愈少，溫度愈高，空氣愈流通，氮之損失亦愈多。在厭氣性環境下，氮之生成較任需氣性環境下為易。氮生成之後，即與厩肥中二氧化碳化合變為碳酸銨。如厩肥中二氧化碳甚多，可阻止碳酸銨復變為二氧化碳與氮之作用。如厩肥中空氣過於流通，二氧化碳濃度甚少，則碳酸銨極易分解，使氮逸失。欲避免氮之損失，須杜絕空氣流通，使厩肥得厭氣性之環境。

厩肥初不含硝酸鹽。但若疎鬆堆積，氮可氧化為硝酸鹽。其作用分為二步：（一）Nitrosomonas 細菌將氮變為亞硝酸，（二）Nitrobakter 細菌將亞硝酸變為硝酸：



如厩肥空氣中含氧不多，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，並使氮變為自由氮氣而逸失。堆積緊密之厩肥如含有硝酸鹽，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，則立變為氮氣逸失：



厩肥在疎鬆狀態下有助於需氣性細菌及真菌之繁殖。厩肥氮素即為其所同化，變為其身體所含之蛋白質氮素，因之，難為植物所利用。為避免厩肥氮素性質劣化起見，吾人亦須將厩肥壓緊堆積。

廐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，馬尿酸，與尿酸狀態下，皆為水溶性。許多需氣菌能迅速將其分解為氨而逸失。故現歐西新式廐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，盡力設法使其避免與空氣接觸。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氨之逸失。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 堆積廐肥之各種方法

堆積廐肥有數法。能避免上述數事者，所得之產物，性質方佳。茲分述之如下：

1. 深廐廐肥(Tiefstallinger)。廐舍可分兩種，曰深廐，曰淺廐。深廐之地較其他廐舍深一至一公尺半。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。所用褥草，如係藁桿，應切碎長15—25公分，以增其吸水力並助均勻之腐熟。固體與液體排洩物須絕對均勻混合於褥草。褥草不宜添加過多，致礙分解。

深廐廐肥因家畜之踐踏，畜尿之潤濕，係在厭氣性環境下腐熟而成。二氧化碳氣之大量產生與緩慢逸失，不僅有助於造就厭氣性環境，且可阻止碳酸銨之分解。以故乾物質與氮素之損失，均甚微少，廐肥肥效特高。此事世人早已觀察得之矣。故自肥效觀點上言，深廐廐肥價值甚高。惟深廐空氣常濁，含二氧化碳與氨等特多，有礙家畜衛生。深廐家畜患肺病，口爪傳染病等獨多。以居乳牛，所得之乳，不能清潔，多微生物，且有惡臭。歐西各國政府有禁止其農民居乳牛於深廐者。故自衛生上言，深廐價值最遜。

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

a. 無控制之腐熟作用。農人將廐肥運出廐舍後，有將其隨意拋擲於地上者。在此種廐肥中，固體排洩物與褥草未充分混合，有為純粹之藁桿，有則沉漬於廐肥液汁之中。風吹日晒使肥分損失至甚。廐肥之濕與緊處，腐熟正常並較緩，疎鬆之處，發酵劇烈，發熱甚多，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，藁桿不能分解。由此法製成

之腐肥，性質最劣，肥效最遜。

b. 低溫發酵作用。腐肥運出厩舍之後，潤濕，壓緊，堆積於風，日及雨所侵溶不及之處，其漏液則引導於特製之坑中，則其發酵作用之進行如深腐肥，而又不礙家畜之衛生。其溫度上升甚緩，但易超出外間溫度 $15-20^{\circ}\text{C}$ ，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。

各種家畜之腐肥應相間疊積，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。腐肥生熱，蒸發水份，吸入空氣，雖其下層，需氣性細菌與真菌亦得生長。以水潤濕腐肥時，不可用過多，溶失氮及鉀之化合物，並防腐肥分解不全，變為泥炭。歐美大農場常有以大滾滾壓肥堆，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，腐熟作用即行完成。

造成腐肥堆中厭氣性環境，尚有一法：即將腐肥積為高逾一公尺半之堆，上塗以泥。堆高量重，腐肥易緊。如用切碎濕透之藁桿，其效更大。

P. Deherain 氏提議以二氧化碳氣造成腐肥堆中厭氣性環境。渠於肥坑或肥室中取出舊腐肥後，留一小部為新腐肥之底。此小部舊腐肥發酵甚速，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腐肥四十公斤。將其三個月所產之腐肥堆積高1.2公尺，須有四平方公尺面積之地。

3. 高溫腐肥 (Heissmist) 或寶貴腐肥 (Edelmist)。德人 H. Krantz 氏創高溫發酵法，堆製腐肥，並得有專利權，名其腐肥曰：高溫腐肥。此種腐肥可在大發酵場或小發酵場，亦可在露天之院中堆製。大發酵場常設有電梯，肥堆高達六公尺，量達約1100立方公尺，足堆一百匹大家畜之腐肥。

用此法堆積腐肥，其腐熟作用分兩階級進行：初為生物的，繼多寡為化學的。其法先堆疊腐肥高約90公分於發酵場之上，使其盡量疎鬆，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，再加新腐肥於其上，處理如前，直至堆高達五至六公尺為止。其頂塗之以泥，或蓋之以藁和茅草。保持肥堆之熱度係堆製此種腐肥之成敗關鍵（可以特製之溫度表棒量之）。三四個月後，肥堆

中溫度視季節之不同，仍應在 $35-40^{\circ}\text{C}$ 。如無此熱度，則應有之化學變化不能生成。肥室之壁恆用木板，可以添高與減低。四五個月後，高溫廐肥始行完全腐熟。

高溫廐肥之外觀與其他廐肥異，係一暗色或黑棕色，中性或微鹼性，性質均勻之產物。尤可注意者，其葉悍易於脆碎，且無臭氣。廐肥在球鬆堆積時，細菌數目隨溫度之高長而增加。溫度再高，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。故高溫廐肥中幾不含微生物。氮與易損失之含氮化合物在高溫廐肥中係與碳水化合物及其他無氮之物質化合。堆積之初，廐肥含氮甚多，後則漸漸減少。高溫廐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廐肥之半。據 F. Löhnis 氏之研究，高溫廐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	普通廐肥（潤濕並壓緊）	-45%	-40%
	高溫廐肥	-25%	-22%
冬季	普通廐肥（潤濕並壓緊）	-33%	-20%
	高溫廐肥	-23%	-8%

堆積高溫廐肥，需時較長，需地則較小，故仍為經濟。

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

第四目 廐肥之肥料價值

以各種廐肥作田間試驗，比較其價值頗為困難。若以同量之各種廐肥為試驗，其所含之營養素量不相同。若以含同量之氮素之廐肥為試驗，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 公担廐肥，則深廐肥與普通廐肥所含之氮素量有如下列：

氮 素	深 廐 肥	普 通 廐 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，不可偏棄不計。

高溫腐肥之肥效究較其他腐肥強大若干，其經濟利益究為如何，研究之者甚多，尚不能決定言之。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Lönni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，迅即犁下者，深腐肥之效力皆較普通腐肥為大。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	534
礦物質完全肥料+普通腐肥	503

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，極為困難。腐肥營養素中以氮最為重要。其狀態有為無機之氮化合物，有為有機化合物，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為最強大。

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Lauchstädt城測得腐肥氮素之被利用率約當其總氮量百分之38.6。每公頃施用200公擔者，其被利用率較每公頃施用300公擔者為大。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，常可延四年之久。

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 P. Wagner 氏，每百份腐肥加里平均可有 80份為植物所利用。W. Schneidewind 氏研究得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%。在同試驗中，磷酸之被利用率為41.9%與32.7%。據 B. Schulze 氏之研究，腐肥磷酸在四年中被吸用者為33.4。據 P. Wagner 氏十二年之研究，為30.4%。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	23.2	93.5
II. 洋薯與其後作小麥			
腐肥.....	78.2	32.7	36.2
礦物質肥料.....	52.7	14.6	76.9

上表示腐肥氮素之被利用率遠劣於礦物質氮素，加里與礦物質肥料相若，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，其原素非盡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	306
礦物質完全肥料+深廐廐肥...	534	312

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，增施礦物質氮肥，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恆小，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行。運抵農田後，不可積為小堆，久置田上，應立即平鋪田上，耕於土中，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。

施用廐肥之量有決於土壤及作物之種類。沙土消耗廐肥速於粘土。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）。穀實作物與豆科作物不能充份利用廐肥，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，年年均可施用也。

施用廐肥之時期，不可太早，恐其氮素為微生物變為硝酸鹽後，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。此非言貧瘠之土不可施。貧瘠之土愈應施用廐肥，以改良其性質，增加收穫量。但每次所施之量

應少，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。英國羅丹斯得 (Rothamsted) 農事試驗場曾發明「合成糞肥」(“Synthetic farmyard manure”)。英國興農公司 (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。每百公斤藎稈用三百公升水。後於每平方公尺面積混以一公斤 Adco 粉。Adco 粉者，興農公司所特製之藥劑也。據 D. M. Meyer 氏之分析，此種粉末含 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。(興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(遲者三四星期)，發酵所增之溫度可達 40—60°C。一部細菌與野草種籽因之滅亡。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。用每百公斤藎稈可得約三百公斤人工糞肥。

製造人工糞肥之難處在於如何均勻潤濕藎稈。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藎稈皆含約 75% 水。為達到此目的，有人以水沖淋藎稈者，有人先以藎稈浸於水中或營養液溶液而後堆積者。復有人特備一大管，利用空氣將藎稈碎吹入管之一端。方藎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，即將藎稈潤溼一次者。細菌繁殖所需之濕度大，真菌繁殖所需之濕度小。如藎稈過乾，遍生真菌之時，細菌尚未活動，亦不能再與真菌競相生存矣。故此事至為重要。H. Krantz 氏建議以人糞尿，城市廢藥水，尿或礦物質肥料之溶液，與

切割極碎之蕪草，鋸屑，豆莢等混合為糊狀物。然後，再將此糊狀物與蕪桿混合，力求均勻。結果亦佳。

Adco 粉價貴，較不經濟。德人有用其他藥品，替代之者。其中以石灰氮素與尿素為最佳。Kalkammon ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{CaCO}_3$) 亦可用。硝酸鹽不可氮以用，恐其氮素被還原為自由氮氣逸失也。每百公斤蕪桿用含 0.7 公斤素之上提肥料即可。天然有機質肥料中以人糞尿，水等為上。

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

人工腐肥之外觀似腐熟良好之腐肥。增加農產物產量之效用亦佳。人工腐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 腐 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每噸蕪桿加六十鎊硫酸銨外，又加三十鎊過磷酸石灰，二十五鎊氯化鉀與五十鎊磨碎之石灰岩。適當潤溼之後，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 蕪肥 (Strohdüngung)

普通農家，缺乏腐肥，但皆富有蕪桿。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。

施用蕪肥之法，可將蕪桿切碎，運回田中耕下，亦可於收穫之時多留割株，而後耕下。後法省工，較為經濟。據 Roemer 氏之試驗，於小麥田中，每留長一公分之割株，即於每公頃施用八十公斤蕪桿。所留割株如長二十五公分，則每公頃有二十公担蕪桿。如以每公頃作物根部之量為十公担計算，則即施每公頃三十公担蕪肥於土中。割株耕入土中之後，微生物即開始侵蝕之。蕪桿含氮之量甚低，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，以分解糞糞。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，此種氮素乃重被解放，惟其時期常不能與作物需氮之時期相符合，故效力甚微。廐肥氮素效力甚小者，一因其溶性較少，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，分解一百公斤糞糞需耗0.7公斤純氮，並以在石灰氮素狀態下之氮素為最適。如分解52—80公担糞糞，約需1—1½公担石灰氮素。如耕翻糞肥之時期距離栽培作物之時期甚長，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，施上述之量之半，亦必夠用。如耕翻糞肥時期過晚，則非施足量之氮肥不可。糞糞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各地之情形而定。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。

施用糞肥後，如種豆科作物，則可免施氮肥，因豆科作物能利用其根瘤菌吸用空中氮素。如土中缺氮，豆科作物吸收空中氮素之量更多，故糞肥對豆科作物完全無害。不特此也，根瘤菌以氮素供給苜蓿科作物之外，尚能以之種於土中，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，最能證明此種事實之可靠。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。惟其有機物難即變為土壤腐植質，其植物營養素難為植物所利用。此類物料且有能傷害植物之生長者。堆積發酵之後，成效乃著。此法稱曰堆肥法。所得產物稱曰堆肥。良好之堆肥係極佳之腐植質肥料，值吾人努力倡用。

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，非價廉易作之事也。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，如糞草，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，害蟲，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。第一類係農場之主要廢棄物，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澈底破碎。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，置吸收力強大之原料一層，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。爲避免日光照射，促助良好醱酵起見，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，分解不能完全，效力不能宏大，混拌之法，須使上下層之原料更換位置，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，肥料之濕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模糊不能辨別時，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。吾國彭家元陳禹平等氏亦引用之，稱曰「速成堆肥」。

有人常以堆肥含大量雜草種籽，施於農田，雜草蔓生，爲弊頗大。避免之法，可以熱水或濃硫酸加於含雜草種籽甚多之原料，如鳥糞，馬路上泥土，

植物莖稈等以殺滅之。撥用硫酸，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，次以水濕之，置十四至二十日，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。

堆肥係極佳之腐植質肥料，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	75.00%	加里	0.5%
氮	0.35%	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，乾燥粉碎後即得之。Almag-Dünger 乃德國 Elberfeld 城「Almag」公司以泥炭加於舊糞尿汗泥製得者。英國農公司提倡以其 Adco 粉加於莖稈，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。故亦列於此章。

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，有與科學原理不謀而合者，有須待於改良者。吾人之天然肥料曾維持吾人農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，除前章所述之廐肥，綠肥，堆肥等外，重要者尚有人糞尿，油餅等等。茲分論之如下：

人糞尿 (Kakalien)。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 Heiden 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	488.0	183.0	48.5	1383.0	486.5
乾物質量	68.0	23.0	30.8	11.0	98.8	34.0
有機質量	50.0	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
礦物質量	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	1.03
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。據德國 Chemnitz 城之統計數字，該城居民之人糞尿因收集不完善，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360 公斤糞尿計算，則人口為300,000之城市，每年可得1,000,000公擔之人糞尿，內含 90,900 公担有機物，15,000公担氮素，3,000公擔加里與 3,000 公擔磷酸，合100,000公擔智利硝，25,000公擔12%鉀瀉鹽與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述之數。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。

人糞與人尿之性質與成分，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，合0.82%食鹽，每人每日所排洩之尿中約有9.8公分食鹽。因此之故，吾人不能施用人尿於若干農作物，例如，菸草之燃燒性因施用尿而減遜此其劣點也。

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，一切未經消化或同化之食物，消化道之分泌物與新陳代謝之產物，如酪酸次羊脂酸，膽固醇 (Cholesterin)，醋酸，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亦為氮素，加里，石灰，與磷酸。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。後者曾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。

貯存人糞尿須注意避免損失。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。歐美農民有用土瀝青，石塊，與洋灰築成之坑者，僅略佳於前，因人糞尿亦能侵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，糞灰愈濃厚，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鄉間，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。此吾人所望於辦理市政者也。

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，應加數倍之水以稀薄之，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，施後一晝夜，使其養分為土壤吸收後，再行澆水。

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一百斤者，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。

吾國農民盛用油餅為肥料。其所含之三要素因油餅種類之不同而有異。茲錄各重要油餅之三要素平均含量如下：

油餅種類	有機物	N	P ₂ O ₅	P 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	5.38	1.57	1.49
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	0.85
茶實餅 (廣東產)	81.18	1.64	0.32	0.39
椰子餅	81.97	3.74	1.30	1.96

由上觀之，油餅雖三要素均含，而以氮素為最富，故人稱之為氮素肥料。

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，醱酵腐熟而後用。能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，部份，及產地 (土壤) 之不同而大異。茲舉專家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	3.10	2.10	4.50	33.00
闊葉樹灰	5.00	3.50	1.00	30.00
針葉樹灰	5.00	2.50	6.00	35.00

草木灰之加里多為水溶性，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。草灰所含之營養素雖較少，但色暗，可增地溫。單獨施用草木灰時，須注意流失之危險。與銨鹽混合，有驅失氮氣之危險，與過磷酸石灰混合，使磷酸變為不溶性，故宜分別施用。農場之糞桿萬不得已，勿以燃燒，宜以製為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，糠麸滓，海鳥糞等等，吾國農民均用之。

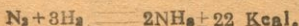
吾國農民所用肥料，種類之多，不可盡述。其保存管理與施用之法，常有可取者。惟有俟於改良之處亦甚多。吾人應就各當地之農民施肥情形加以詳細之調查及研究，而謀其改良之道也（參閱徐正鏗著，稻作第五章，中華書局，民二十六）。

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（Chilesal-peter）。智利硝之礦發現於一千八百二十五年。原礦物頗為不純，含15—70% NaNO_3 ，大量氯化鈉與硫酸鹽，少量氯化鉀，硝酸鉀，氮酸鹽，過氮酸鹽，與微量碘酸鈉（ NaIO_3 ）。經復行結晶法處理之後，含95—96% NaNO_3 （相當於15.5—15.7%N），少量氯化鈉，微量之 KClO_3 ，與過氮酸鹽。後者對植物有毒，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氨。大戰爆發之後，此項工業大行發達。其製造法之反應式如下：



製得之氨先氧化為NO，次氧化為 NO_2 ，吸收於水，便成硝酸。終中和以碳酸鈉，即成硝酸鈉。由此法製成之產物較為純粹，含 NaNO_3 99%（相當於16.3%N），不含過氮酸鹽。

天然智利硝有黃棕，灰白，粉紅諸色。人工製造者多為白色。吸濕性大，易變為硬塊。現市上有管粒狀者，吸濕性較小。

硝酸鈉易溶解於水，故易為植物所吸收，亦易流失。宜施於需氮甚多之作物，如甜菜，並作其他作物之追肥。不宜於水稻。不可施於沙土，避免流失也。施用之時，須作數次。

硝酸鈣或硝酸礬 (Kalksalpeter)。挪威人 Birkeland 與 Eydé 兩氏於 1905 年在挪威 Notodden 城創一工廠，利用強熱電力，產生 2000°C 溫度，將空中氮氣分子變為氮氣原子，與氧化合生成 NO，

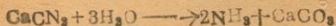


後再氧化為 NO₂，吸收於水，成為硝酸，中和以消石灰或碳酸鈣後變為硝酸鈣，亦稱挪威硝 (Norgesalpeter)，含 N 約 13%。

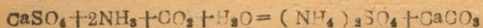
德人用 Haber-Bosch 氏法製得硝酸後，中和以石灰，亦得硝酸鈣。為製造法上之原因，尚混以少許硝酸銨，故其產物含約 15.5N，其中 14.75% 在硝酸態，0.75% 在氮態，此外尚含約 28% CaO。

硝酸鈣含石灰，可改良土性。吸濕性極大，常貯於特製之囊中以售，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，恐其減少磷酸之溶解度也。

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，此種肥料猶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，其價大廉，推銷甚廣。現亦有廠家通水蒸氣於氫氮化鈣 (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，



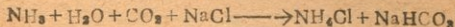
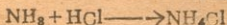
硫酸銨尚有用洛那法 (Leunaprozess) 製造之者。其法係以氮與硫酸鈣 (Anhydrit) 化合。



純粹之硫酸銨係白色結晶，含 N 21.2%。惟普通用為肥料者概為不純，含 20.6—20.8% N。色亦灰，黑，紅，黃，藍不等。有含氰化物 (Zyanid) 及硫氰化物 (Rhodanid) 者，對植物有害。亦有吸濕性，但強烈不如硝酸鈉。久藏之後，常成塊狀。

硫酸銨效速，但較硝酸鹽肥料為緩，易為土壤所吸收，保生理酸性之肥料，因其所含之氮為植物吸收之後，遺留硫酸於土壤。現歐西各國漸少用之。此物對於水稻特為適宜，故在我國仍為重要，不可與鹼性肥料，如石灰氮素，草木灰等混合施用，否則有逸失之虞。

氯化銨 (Ammonchlorid) 通氣於鹽酸或食鹽，即可得氯化銨：



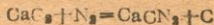
氯化銨係白色晶體。含14%N。含氮甚多，故人少用之。

硝酸銨 (Ammonsalpeter) 肥料工業家常研究製造含營養素甚富，含剩餘物甚少，含鈣甚富之肥料。硝酸銨之製造法係中和硝酸以銨。此物含35%N，頗合前述之首二條件，惟有爆發性，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 $\frac{2}{4}$ 係銨態， $\frac{1}{4}$ 係硝酸態，故其效緩速兼備。此種肥料名曰 Ammonsulfatsalpeter，亦稱洛那普 (Louna-salpeter)。Kalkammonsalpeter 者，係德人以硝酸銨與碳酸石灰混合而成之產物，作粒狀，易於施用。染以綠色，以資鑑別，含20.5%N，約半為硝酸態，半為銨態，又含33%碳酸石灰。此二者在德國之銷路，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。其中原有物已互相作用，變為硝酸鉀與氯化銨。含16%N，其銨態氮與硝酸鹽態氮各半，又含28%K₂O。

英人以硝酸銨與白堊 (Chalk) 結合，成為粉狀物，名曰 Nitrochalk。約分二種，一含N15.5%，白堊52%，專供輸出他國。一含N10%，白堊36%，專供其國內用。其所含之氮在銨態與硝酸鹽態者各半，亦有吸濕性。

氰氨基化鈣 (Calciumcyanamid) 或石灰氮素 (Kalkstickstoff)。1838年德人 Rothe 氏引用 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：

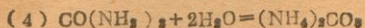
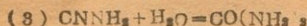
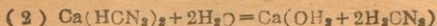
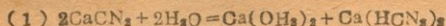


碳化石灰 石灰氮素

石灰氮素原為白色。市場上所售，用作肥料者係黑色，因內含碳，未除去也。撒用此物時，粉末飛揚過甚。廠家有加 1.5-3% 油於其中，改良之者。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：



尿素

碳酸銨

氰化物係毒物，故以上變化，首三步係屬化學變化。第四步始由微生物執行之。碳酸銨及其硝化所成之硝酸鹽即可為植物所利用。施用石灰氮素類在播種前二星期，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複合物以吸收鈣，則其變化始得順利進行。在過濕之土，微生物不能活動，有礙此物之變化。在極適宜之環境，此物在三四日內即可變化完全。

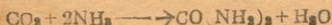
德人尚有加10%硝酸鈣於其中，使其變為粒狀，以免撒用時飛揚過甚者，名曰石灰氮素珠 (Perlkalkstickstoff)，銷路日廣。

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

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

石灰氮素有吸濕性。貯存之時，須封閉嚴密。否則，潮濕之後，易致氮之損失。鹼性甚強，故不可與吸濕性強大之肥料或含氮之肥料，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氧化碳於高壓爐，先變為 Ammoniumkarbaminat, $NH_4O \cdot CO \cdot NH_2$ ，後加壓力至 100 氣壓，加溫度至 150° ，乃脫水變為尿素。其反應式如下：



此物係白色，含 46.6%N。其優點在於含氮多，無剩餘物，便於運輸。其劣點在於施用量少，撒施不易均勻，與價格較高。

美國人以之與硝酸鈣混合，所得產物，名曰 Calurea。含 34.6% 氮素。因其硝酸鹽態氮與醃液氮俱有，故其效緩速兼備。

第二目：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)。磷礦石又可分为礦物質磷礦石(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。

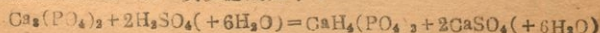
全世界磷礦石藏量以北美為最富，北非次之，蘇聯更次之，其餘則散於各處。其總藏量約為16,867,000,000公噸。全世界磷礦石之出產量則以北非為最多，北美次之，歐洲又次之。非洲以Morocco及Tanis之出產為大宗。北美以美國，歐洲以蘇聯之產量為最大。全世界磷礦石產量每年約為11,000,000公噸。言品質，則以海洋所產者為最佳，美稍次之，非洲產品又次之。蘇聯產品最劣。

我國雲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。此乃我國農業之福音也。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	15.53—32.55	1,470,000—2,350,000
嵩明小官箐		405,000—1,098,000
昆陽中邑村		6,832,250—7,106,250
呈貢鷄叫山		1,965,180—3,441,180
澂江東山		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三鈣變為溶解性之磷酸一鈣。其反應式如下：



磷酸三鈣

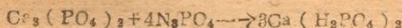
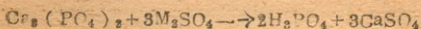
磷酸一鈣

過磷酸石灰

過磷酸石灰係白色或灰黑色粉狀物。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鈣溶液之磷。過磷酸石灰係效力最速之磷肥。砂土除外，一切植物，一均土壤，均可以用。施於土性或鹼性土壤漸漸變為溶解性甚小之磷酸二鈣， $CaHPO_4$ 及磷酸三鈣 $Ca_3(PO_4)_2$ 。在強酸性土壤中，則變為不溶解之磷酸鋁 $AlPO_4$ 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，分離去硫酸鈣。後以磷酸加於純良之磷礦石粉即得。其反應式如下：



此種肥料含約45%水溶性磷。價格較貴，但便於運輸。含少量游離磷酸，故乾燥頗難。

湯馬斯磷肥 (Thomasmehl) 或鹼性爐渣 (basische Schlacke)。此物係煉鋼廠之副產物。鐵中含磷，煉鋼不淨。1879年英人 Thomas 及 Gilchrist 兩氏以石灰加於溶鐵爐，燒後，磷即變為磷酸鈣入於爐渣。冷後碎之，即成湯馬斯磷肥。其生成原理，化學構造，與性質均未完全明瞭。

湯馬斯磷肥係黑褐色粉末。其成分則因銑鐵及石灰用量而異。其磷酸含量約為15-20%。其中有14-18%能溶於2%檸檬酸。此外，尚含45-55% CaO 。

湯馬斯磷肥宜於輕土及酸土，不甚宜於粘重之土。宜於生長期甚長及吸收力甚強之作物。施用量宜較過磷酸石灰為多，因其肥效較遜也。湯馬斯磷肥係效力持久之磷肥。

雷蘭那磷肥 (Rhnanaphosphat)。上次大戰德人利用響岩 (Phonolith) 粉，碳酸石灰及碳酸鈉加於比國磷礦石粉燒之，所得產物，用作磷肥。上次大戰結束之後，又利用含鐵及鋁甚多，不適於製造過磷酸石灰之磷礦石以製之，名曰雷蘭那磷肥。其主要成分為 $CaNaPO_4$ ，所含磷酸約佔全量百分之二十七，幾全能溶於檸檬酸鈣溶液及2%檸檬酸溶液，此外又含 CaO 42%， a 12%， K_2O 8%。其效力在過磷酸石灰與湯馬斯磷肥之中，故能適宜於任何土壤及植物，不可與含鈣或鈉之肥料混合。

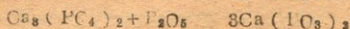
沉澱磷酸石灰 (Kalkpräzipitat)。製骨膠時，加稀鹽酸於骨碎。數日之後，骨中磷酸及其他礦質物全行溶解。加以石灰水，磷酸二石灰， CaH_2P

O₄ 即沉澱而出。此物含 35% 溶於檸檬酸溶液之磷酸及 32% 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 (entleimte Knochenmehl)。以汽油抽去骨中脂肪之後，擊骨使碎，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碎，用水蒸氣加壓力至二氣壓，蒸煮約二小時，骨膠完全溶解於水中。磨細所餘之骨碎，即為脫膠骨粉。此物含 0.5-1% N 與 30-35% P₂O₅。後者多能溶於檸檬酸溶液，其肥效與湯馬斯磷肥相若。

骨灰與骨炭不能溶於檸檬酸，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：



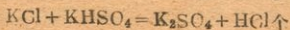
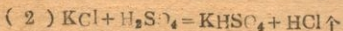
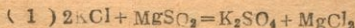
此物含偏磷酸鹽 (meta-Phosphat)，係深棕色晶體，狀如着色玻璃。其磷酸含量約 60-70%。肥效率甚高。此係一新肥料，用之者尚不普遍。

第三目：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係德法兩國，稱曰斯他斯弗特鹽 (Stassfurter Salz)。美國，西班牙，波斯等亦產之，其量不多耳。

鉀礬鹽 (Kainit, MgSO₄·KCl·3H₂O)。鉀礬鹽係鉀礦石之一種。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%，成分甚低，運於遠處，不甚經濟，故多用於其國內。又含食鹽甚多，品質甚遜。

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。含氯甚多，不可施於洋薯，菸草等。

硫酸鉀 (Kaliumulfat)。氯化鉀製得之後，以硫酸鎂或硫酸處理之，即得硫酸鉀。其反應式如下：



此物約含加里 48%。不含氯，可施於對氯靈敏之作物，如菸草，洋薯

硫酸鉀鎂 (Kalimagnesia)。此係製造硫酸鉀之副產物，約含50% K_2O 與84% $MgSO_4$ (即25-27% K_2O)。凡土壤缺乏硫黃或鎂或須避忌氯化物者，此物最為適宜。

第四目：石灰肥料。碳酸石灰 (Calciumkarbonat) 之分佈甚廣。上等石灰石 (Kalkstein) 及大理石 (Marmour) 約含碳酸石灰百分之九十五至九十八。介殼類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)。碳酸石灰煅燒之後，即成生石灰。生石灰加水，即成消石灰。此二物效力甚烈，可施於壤土及粘土，不可施於沙土。一次不可施用大量，恐其性過烈，傷害植物之生長，並使土中腐植質消耗過速。

硫酸鈣 (Calciumsulfat, $CaSO_4$)。石膏即硫酸鈣之含水物。上等者含氧化鈣32.5%，硫酸46.5%，又水21%。我國農民常有施之於水稻田。此物又可改良鹽鹼土。

第五目：混合肥料 (Mischdünger)。混合肥料者，由數種單純肥料配合而成，或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也。其種類甚多，除前提之Kalkammonsalpeter，洛那硝，Kaliammonsalpeter, Calurea 等等外，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，乃最濃厚之肥料也。種類不一，運銷於外國者，含16.5%N, 16.5% P_2O_5 ，與21.5% K_2O ，其中文名為合和肥田粉。其所含之磷酸全為水溶性。價值昂貴，富潮解性，我國農民不喜用之。

磷酸銨 (Ammoniaksuperphosphat 與 Ammophos) 以硫酸銨與過磷酸石灰混合，其一部變為磷酸銨與硫酸鈣，並結為硬塊。混合之成分不同，其所得產物之成分亦不同。德人稱之曰 Ammoniaksuperphosphat，亦有用他法製之者。美國氰化物公司 (American Cyanamid Co.) 之產品，其商名曰安福粉 (Ammo-Phos)。貯藏時無結塊之弊，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。美國所製者分兩種：

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

磷酸銨之氮態氮可為土壤所吸收，不易流失。其磷酸係與氮化合，故溶解度較過磷酸石灰為大。據陳方濟氏在上海真茹中華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18%N與45%K₂O。不含剩餘物。但價格過昂，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盛用之。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	185,000
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%，福建約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，詫為異物，競相引用，繼有因施用不得其道，農產物之收穫量減低，品質亦大遜，轉喜為怨，或屏棄不用，或起而設法禁止其入境，與歐美農民引用化學肥料之經過，如出一轍。惟現歐美農民經其農學家之指導，已經常大量施用化學肥料，不獨不礙其害，且其收穫物之量與質俱大受增益。

據世界各地農學家之試驗結果，化學肥料如施用得法，實有大利。茲舉

Gerlach 氏之試驗結果以爲例證。Gerlach 氏在德國 Pentkowo 與 Mocheln 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，得結果如下：

施 肥	十二年中收穫之乾物質重 (公擔/公頃)		
	總 量	較未施肥區所多得之量	%
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	38
Mocheln之中常土壤			
廐肥	526	—	—
廐肥與化學肥料	783	257	49
Mocheln之輕土			
廐肥	515	—	—
廐肥與化學肥料	725	210	41

由上可見，單獨施用化學肥料在某種情形之下，可長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，則下列之表示之：

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	7885	5560	2325	194

3. 化學肥料.....	9955	5844	4111	348
4. 廐肥與化學肥料.....	10893	6844	4049	387

MocheIn之中常土壤

廐肥.....	5002	5090	—88	—7
廐肥與化學肥料.....	7230	6212	1018	85

Moche n之輕土

廐肥.....	4545	5350	—835	—70
廐肥與化學肥料.....	6321	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，甚或虧本。施用肥料以腐植質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，較單獨施用腐植質肥料尤大。

德國在上次大戰之前，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，每單位面積農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 與煅燒石灰)
1913/14	185 000t	555 000t	490 000t	3500 000t
1928/29	430 000t	531 000t	704 000t	1921 000t
1931/32	326 000t	395 000t	560 000t	1375 000t
1932/33	351 000t	339 000t	618 000t	548 0 00t
1933/34	333 000t	461 000t	713 000t	1788 000t
1935/36	490 100t	636 100t	656 900t	1713 400t
1936/37	570 100t	650 800t	656 900t	1673 800t
1937/38	632 800t	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	1909/18	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	14.6	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要素之量與其作物之產量並列於下表觀之。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小。

綜上觀之，施用化學肥料係增加農產最有效之方法之一。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，無虞匱乏。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。土壤愈鬆，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期亦愈長久。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。

Halle a. S. 城農事試驗場曾連續種植黑麥，Rothamsted 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量與其作物產量之對照表

國別	一九二八年每公頃農田所施之肥料要素量 (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	黑麥	大麥	玉米	稻米	馬鈴薯	甘蔗	菸草 (公斤公頃)	豆類	油菜籽
德國	18.9	16.7	26.2	27.4	20.2	25.4	27.3	—	175.9	—	(1937) 2527.8	14.6	20.7
荷蘭	26.3	52.2	41.4	34.4	22.7	32.5	—	—	276.5	—	—	19.9 (1937)	25.5
比利時	19.3	34.5	20.5	31.5	25.0	28.8	—	—	220.9	—	2225.5	—	21.0
日本	19.2	18.8	—	17.1	—	18.2	16.7 (1937)	38.3	121.5 (1937)	506.8	1767.9	—	10.5
丹麥	8.7	20.2	5.5	85.1	19.5	34.2	—	—	180.8	—	—	—	—
捷克	4.3	8.6	—	20.2	18.8	20.1	22.3	—	128.8	—	1451.3 (1937)	11.4	15.5
法國	4.0	14.2	5.0	18.6	12.9	17.0	17.0	—	121.5	—	1712.7 (1937)	6.2	10.9 (1937)
意大利	8.8	19.3	—	16.1	13.3	12.4	19.5	55.1	69.2	—	1244.6	2.	—
瑞士	3.6	9.0	—	20.2	23.5	21.0	29.5	—	162.9	—	2300.0	—	—
美國	2.1	5.6	2.2	8.9	8.7	12.9	17.4	24.7	82.6	510.0	1003.2	10.2	—
中國	—	—	—	10.0 (1937)	—	10.7 (1937)	13.2 (1936)	26.5	66.7	106.0	1151.5 (1936)	7.3 (1935)	5.3 (1937)
印度	—	—	—	7.6	—	8.9	8.0 (1936)	14.5	—	—	1020.6	—	5.0

麥，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 公擔/公頃	不施肥 公擔/公頃	NPK 公擔/公頃	不施肥 公擔/公頃	NPK 公擔/公頃	不施肥 公擔/公頃
	籽實+莖草		籽實		籽實	
I	30.2	22.3	(1)	(1)	24.8	12.1
II	29.1	13.7	18.3	10.7	25.0	9.4
III	25.9	15.6	17.3	9.7	22.1	7.4
IV	21.3	12.3	12.3	7.0	21.9	6.8
V	23.4	10.7	16.5	8.5	19.5	5.4
VI	—	—	15.5	8.3	20.7	5.0
VII	—	—	14.3	7.3	17.6	5.9(2)
VIII	—	—	11.2	6.1	15.2(3)	4.1(3)
IX	—	—	6.3	2.8	—	—

(1) 未設施用完全肥料者，故無從比較。

(2) 1912年全田行蔥田制，故收穫量增加。

(3) 僅係9年平均之結果。

期數(每 期十年)	連續種植燕麥		連續種植玉米		連續種植洋薯	
	NPK 公擔/公頃	未施肥 公擔/公頃	NPK 公擔/公頃	未施肥 公擔/公頃	NPK 公擔/公頃	未施肥 公擔/公頃
	籽實		籽實		塊莖	
I	16.9	9.5	36.4	18.4	172.4	58.4
II	15.2	7.6	32.8	4.4	192.8	50.0
III	15.5	6.5	26.9	4.5	104.6	25.4
IV	—	—	—	—	128.7	24.6
V	—	—	—	—	82.3	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日。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等。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，餘一鹼於土中，在後者，則餘一酸。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。鉀礦石 (Carnal¹it, Sylvinit, Kainit 等含10—12% K_2O) 含剩餘物甚多，經施復行結晶之後，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%，Kalkammonsalpeter 含4.4%，Kalkammonsalpeter 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，一部份隨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。真菌喜酸性培養基，因之大量繁殖。惟真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，常使土壤溶液之濃度增加過甚，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 (公絲)

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_4Cl 所吸收之 N	37.00	48.00	52.00	60.00	67.00
自 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 所吸收之 N	54.00	67.00	68.00	84.00	86.00
自 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 所吸收之 N	153.20	146.40	134.80	121.20	166.80
自 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 所吸收之 P_2O_5	32.00	148.00	162.00	154.00	236.00
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。吾人將來製造肥料，不但須使其不傷害土壤之吸收力，且能增強之，始臻理想。

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，豌豆與小麥則非在弱鹼性土壤不能盡性生長，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不同。

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

Fyris 燕麥在 7.3-7.9 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，非人目力所能察得。閱時既久，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, Wobarn

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

籽實產量

5a	2NH ₃ + PKNaMg	23.1	18.9	3.8	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

莖稈產量

5a	2NH ₃ + PKNaMg	32.8	23.6	6.6	4.0	5.8
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)	—	—	21.6	17.4	11.2
2a	2NH ₃	29.0	18.4	4.3	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	13.0	9.2

土壤含腐植質與黏土膠體物愈多，專用化學肥料之影響亦較緩。蓋此二物係土壤之有緩衝力之一部緣由。土壤緩衝力者，乃土壤對其反應變異之自然抵抗力也。如吾人每次以十公撮之石灰水加於貧瘠之酸性沙土，其 pH 值即均勻昇長。如以此法處理腐植質土壤或粘土，則其 pH 值均勻昇至 6.5。過此，則施用石灰，而 pH 值之昇長甚緩。欲使此類土壤達 pH 7.5，所需之石灰至多。此類土壤之緩衝力甚大，因其含膠體物甚富。沙土之緩衝力甚小，因其貧於膠體物也。故施用酸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，施用酸性肥料，而不附施石灰，其弊至大。在此種土壤上，施用石灰，亦須謹慎將事，施量亦少，次數宜多，不然，則土壤反應有變為過於鹼

性之處，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。茲誌 Ei hinger 氏之試驗結果於下：

土壤酸對氮之效力之影響

交換性酸量 (公撮)	因施以氮肥所得之產量	
	黑麥(公擔/公頃)	燕麥(公擔/公頃)
0.0	9.02	5.68
0.1—1.0	7.68	6.36
1.1—2.0	7.24	5.46
2.1—3.0	6.80	5.44
超 3.0	0.48	3.32

如土壤為中性或鹼性，則化學肥料與土壤之石灰含量無何關係。如土壤轉酸，則化學肥料之效力減遜，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，豆科作物之栽培愈勤，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，化學肥料對重土之構造影響甚速。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。土壤水份與空氣不易流通。

第四節 氮肥之施用法

肥料要素之中，氮最重要。一切作物，皆科作物除外，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，極為需要，其原因有三：一，因一切土壤含氮俱最少。根據 Mitscherlich 氏之研究，德國土壤需施氮肥者達百分之九十以上。根據張乃鳳氏之研究。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，而少於加里。但普通土壤含後者多頗豐富，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。硝酸鹽則易隨雨水流失，而硝酸鹽又恰為植物所最需要之狀態。如土中

氮素變為硝酸鹽之時期，不為植物吸收氮素最盛之時期，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，或蓄水力甚強之土壤中，氮多移動於植物根穿佈之土層中，而不他去，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，其所含之碳酸鈣易隨之逸去。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洩物中氮素後，損失至易。如農場常出售牲畜，乳類等含氮甚富之農產物，其所需購之氮肥亦至多。

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，第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已發揮完盡，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。據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Nederling (南德)	為22公斤穀實
Halle城附近 Lauchstädt (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，如南北極或高山係等於零。愈靠赤道，此值愈大。當然，此種理論之切合事實與否，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。德國之小麥絕不能與我國之水稻相比較也。

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Notz氏，種植洋薯時，每公頃施用200公擔廐肥，種植飼料蔬菜時，每公頃施用100公擔廐肥，此值最大。茲列Notz氏多年試驗所得之結果如下：

廐肥施用量 (公擔/公頃)	一公斤N所增之洋 薯產量 (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
不施廐肥	90	18	—	—
100—150	91	9	208	7
150—200	114	26		
200—300	97	45	245	27
300—400	88	22	238	9
超400	68	8	227	2
施用廐肥之 普通結果	103	128	212	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 = 14.5 公斤籽實 (61 次試驗)

大麥 = 14.4 公斤籽實 (23 次試驗)

燕麥 = 17.8 公斤籽實 (103 次試驗)

洋薯 = 100 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 (53 次試驗)

當然，吾人選擇肥料之種類，肥料之數量，施肥時期俱能適當時，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 與 V 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 336 公分水份。

施氮肥時，每生成一公分乾物質，平均消耗 227 公分水份。

種植洋薯時，此種差別尤大：

不施氮肥時，每生成一公分乾物質，平均消耗 87.6 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，且雨水分配又不均勻，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，土壤如過於乾燥，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，莖稈較弱，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，增施氮肥即可。多用氮肥，常減小小麥之千粒重。種植飼料用之大麥可多施氮肥，以增其蛋白質含量。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，吾國農民舊有之難於溶解之氮肥也。在化

學肥料中，石灰氮素最宜於沙土。其效緩，難於流失，且為鹼性肥料。每施100斤石灰氮素，其中即含50斤石灰。硝酸鹽肥料在此絕不可用，因其流失過甚也。硫酸銨鹽亦不可用，因沙土之緩衝力甚小，易變酸性。種植洋薯，如恐其生癭，不用石灰氮素，則可用硫酸銨。沙土之中，常須兼施磷鉀肥料，故Nitrophoska至為適宜。粘重之土，以用硝酸鹽肥料為上。硝酸鹽不為土壤所吸收，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，油餅等均須使其發酵，十分腐熟之後，方可施用。石灰氮素勿施為上，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，如洋薯，水稻，黑麥，燕麥時為然。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，則收穫量大減矣。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PH5.3		土壤PH6.1		土壤PH7.2	
	籽實	莖稈	籽實	莖稈	籽實	莖稈
1.不施肥	5.13	19.60	25.70	44.00	15.30	40.00
2.30公斤 P_2O_5 +80公斤 K_2O 應用完全肥料用：	8.10	21.60	24.60	39.60	29.66	38.60
3.40公斤硫酸銨態氮素	7.30	22.60	31.80	54.10	23.70	48.90
4.40公斤硝酸鈉態氮素	10.00	26.60	32.10	57.70	32.20	56.90
5.40公斤石灰氮素態氮素	8.10	28.50	31.80	56.50	24.90	46.60
6.40公斤尿素態氮素	6.50	29.80	27.00	58.90	27.00	55.90

以作物而言，水稻喜氮態氮素。硫酸銨頗適之。他如人畜糞尿，油餅等

亦均良佳。洋薯喜酸性肥料，氮態氮素適為其所好，可用硫酸銨。氯化銨絕不可用，能減低洋薯之澱粉含量也。甜菜喜硝酸鈉。甘蔗喜有機性肥料，如油餅，廢血等。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，且不衛生。牧草最喜人糞尿之灌溉，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法發明之後，硫酸銨之用大為普遍。未久，硫酸銨之地位又為硝酸鹽所替代，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，Kalkammon alpeter。自效力遲速並兼之Ammonsulfatsalpeter製成之後，喜用之者日衆。或謂其氮素增產值較其他肥料為大，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，油餅等如已發酵腐熟，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。吾國農民亦有用此類肥料為追肥者。在此種情形，此類肥料均應經發酵腐熟。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要時或前不久始可施下，以防流失。難於溶解之石灰氮素可遠於植物需要之前施下，俾其得充份變化，以供植物之吸用，其變化之速度有決於土壤之溫度，冬秋較緩，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，則應謹慎。

第五節 磷肥之施用法

土壤之根溶性磷含量，差異甚烈。外國如此，我國亦然（參考第四章第一節第二目）。惟檢定土中根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，農民常於種植需磷特多之作物時多施之，其一次所施之量常足以供以後數造作物之吸用。例如，輪栽制為甜菜，大麥，洋薯或豌豆，小麥，則於種植甜菜前施用大量磷肥，此後四年可勿須再施矣。此種施法，如遇富於鈣與

鐵之土壤，如紅壤，則須考慮，因肥料中根溶性磷酸，在此種土中可變為無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，而易由根溶性狀態變為非根溶性。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；與多價之重金屬，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。上段所述之磷肥施用法，在貧於鐵與鋁之土壤可以實行無疑。灰壤含鐵甚少，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。Prjanischnikoff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根溶性磷酸。

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 Lauchstädt 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.....	23.2%	14.6%

Schneidewind 氏在 Lauchstädt 所作試驗之平均結果，厩肥磷酸之被利用者約37.3%，化學磷肥磷酸約為18.6%。據 Schulze 氏在德國 Breslau 城所作八項試驗之平均結果（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（53試驗平均）

128.0公斤飼料苜蓿（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，恆為無利。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。釀造啤酒用之大麥常因施用磷肥而得減低其蛋白質含量，千粒重及

籽實與莖稈之比率。

○ 磷肥抑制農之生長，並延遲植物之成熟期。種植穀實作物，施用磷肥之後，若經不良氣候或病蟲害之影響，恢復容易。植物體稈因之而強韌。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，糠殼等。其效頗緩。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，雷蘭那磷肥等最為重要。過磷酸石灰之磷酸大部為水溶性者，在土中較易移動，並為植物所吸用。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。如土中含鎂等鹽基甚富，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。湯馬斯磷肥與雷蘭那磷肥所含之磷酸僅能溶解於檸檬酸，並係鹼性肥料。施於沙土，不致流失。

磷酸在土中難於移動。故施用磷肥，必須使其與表土充份混和，以便植物根之吸用。磷肥更須研細，以期增其效力。用不溶性之湯馬斯磷肥與雷蘭那磷肥時，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，則以用過磷石灰與 Nitrophoska 為上。

第六節 鉀肥之施用法

測定土壤根溶性加里含量之法，頗簡且速。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，多種於貧瘠之土壤，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，不如施用磷酸之一次可用大量也。雨量愈大，土壤質地愈鬆，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蔗，菸草，大麥，洋薯，豇豆，紫苜蓿等。栽培此類作物時均須注意鉀肥。

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

之被利用率如下：

在 Lauchstädt (腐植質壤土)	化學鉀肥 %	廐肥 %	在 Gr.-Lübars (沙土)	化學鉀肥 %	廐肥 %
不施廐肥	33.2	—	不施廐肥	21.5	—
施用廐肥	25.3	48.0	施用廐肥	9.8	33.0

Tacke 氏曾作五年之化學鉀肥與廐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 %	廐肥 %
沙土	31.4	68.3
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然，而多為流失。栽培深根作物可利用為雨水溶失於下土之加里。

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 (123 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)
在飼料養菜為	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甚富之作物如洋薯，甜菜，甘蔗，飼料養菜，釀造大麥等，至為重要。加里對於穀

實作物之籽實之千粒重，烤發性等究有何影響，衆說紛紛，莫衷一是也。加里能增強穀實作物之莖，使其不易倒伏，能增強作物之耐霜力，使其不易受凍。加里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，以硫酸鉀爲最宜。菸草之燃燒性可因施用加里而得改善。栽培並麻與大麻，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，係因土中缺鉀。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，且爲鹼性，能中和土壤之酸性，小心施用，對於一切作物均甚適宜。惟在提倡腐植質料之時，吾人應將一切植物性原料製爲腐植質肥料。燒之成灰，以爲肥料，非計之上。惟廚房工廠等燒薪炭所得之灰，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，概爲生理酸性。其遺留於土中之酸之量，視鉀肥種類與施用量之不同而異。土中石灰與酸化合爲溶解性鹽類，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，後者乾時至爲緊密，濕時稠黏如爛泥。

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，下雨之後，隨雨水均勻分佈於土中。在寒冷之地栽培冬季穀實作物，因特殊原因不能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，可用鉀肥爲追肥。

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，而在改良土壤之化學，物理及生物之性質，以故，施用石灰之量常較次造作物自土中抽去石灰之量龐大多。

土壤石灰含量相差甚多，不若其他營養素含量之較爲均勻也。母石係支配此事因子之一。石灰岩土壤可含至20—25%，黃土可含至15%，聚植土與沙土常含0.05%以下。含石灰甚多之土壤，其石灰亦可在不能被利用之矽酸鈣與腐植酸鈣（Rendzina）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中抽去之石灰較小。每造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—82市斤，約五倍於穀實作物。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沙土與粘土，至為重要，對於物理性質良好之壤土則稍差，粘土幾不能不常施石灰，以使土壤疏鬆，溫暖，通氣良好，水份流通，此類性質使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，土壤易得團粒構造，使植物生長之一切環境俱得改善。次年之耕犁工作亦易舉行。所用之石灰必須研細，撒施之時，又須力求其與土壤充份混和。石灰粒愈粗，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，使其效力良佳，又能中和由化學肥料或腐植質肥料分解時所解放之酸，而調整土壤反應，並利植物之生長。

石灰又能助土壤細菌工作。土壤之固定氮素，細菌如 *Azotobakter* 等之工作，頗有決於土壤之石灰含量。又如變為硝酸鹽之細菌，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，植物常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，有甜菜糖廠之農場常將其廠內廢棄之石灰，盡量施於農田，均有此害。彭家元氏亦云廣東曲江樂昌等地之農民有於每造施石灰一二擔，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，使土壤有腐物分解過速，使土變緊密，使許多作物得由生理原因之病害，如洋薯生癩疤（*Schorf*），燕麥得渴斑病（*Dörrfleckenkrankheit*），甜菜得黑心病（*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，

鉀鹽等。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，使大畜避免軟骨之病，小畜有堅固之骨，必須使飼料中有充足之石灰。栽培穀實作物時，施充足之石灰，則其桿堅強，不易制伏，缺乏石灰之土壤常生細弱之桿，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。碳酸石灰可施於沙土。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，曰：「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。

石灰不可與厩肥及其他含氮肥料同時並用，恐使氮逸失也。所用石灰，以選含水少者為宜，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，地力差異之甚，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。此套可以推廣於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。猶之入問醫師，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為決定施肥量之參考，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。吾人供給植物以營養素，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，後遺植物又可利用之。

關於農作物根部化學分析之工作，作之者絕鮮。此項工作，至為難行，因作物之根常蔓延甚廣且深，軟弱易斷，難與土粒分離。茲採用 Werner 與 Waiske 兩氏在一八七一年所作實驗之結果以為參考：

數主要農作物根部之化學成分

農作物	每公頃農作物割株與根部含：				
	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	3888	26.4	13.3	20.7	86.0
黑麥	5887	73.2	28.5	35.1	82.1
大麥	2227	25.7	13.5	10.9	47.4
燕麥	3726	30.0	33.5	27.9	95.9
第一類之平均數目	3982	38.8	22.2	23.7	77.9
第二類					
豌豆	3604	63.4	16.8	12.7	80.0
羽扇豆	3943	69.7	15.6	19.1	90.0
舍拿得拿	3500	72.5	20.7	10.0	89.5
第二類之平均數目	3682	68.5	17.7	13.9	86.7
第三類					
紫苜蓿	10811	214.6	44.0	41.1	220.0
紅三葉草	9976	152.6	33.9	30.0	292.9
聖三葉草	6682	138.0	33.3	47.8	148.9
	5597	114.4	27.1	29.1	152.3
第三類之平均數目	8254	154.9	47.1	52.0	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，其量須足以應全株植物之需要。分析並計算收穫物之營養素含量不足代表全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回輸之作用。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較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，後造作物可利用之。

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發展為迅速。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，黑麥，次之，燕麥最少。甜菜與豌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異而不同。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炭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中輸往籽實之作用。

農作物自土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所吸收之營養素量，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 里	
作 物	根據Th. Remy	作 物	根據P. Wagner
1. 洋薯與紅蘿蔔	90—100	1. 甜菜與飼料芥菜	90—100
2. 飼料芥菜與甜菜	80—90	2. 洋薯	80—90
3. 蕪菁甘藍	60—70	3. 豌豆	70—80
4. 燕麥與結球甘藍	50—60	4. 燕麥, 紅三葉草, 春荳, 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.....	181	60	55	276

Quitau 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	162	108

農作物吸收營養素之能力，差異甚鉅，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，故其所吸收營養素之量亦不相同。例如，夏大麥，生長期甚短，其自土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，須選生長期相若之作物，始可比較；惟此在實際上無何價值。吾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。但根莖作物如洋薯，甜菜等生長期甚長，其自土中吸收之營養素亦至多。

2. 農作物之根部在土中之伸展，差異甚大。紫苜蓿，聖三葉草，甜菜等根最長。黑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，根網之展布愈大愈密者，其能吸用之營養素與水份亦多。審察農作物根網展布之情況，最為困難，因細根極易碎斷，難與土粒分開故也。不同作物，其根之長度與展布之情形，固有差異。同一作物，其品種不同者，其根之長度與展布情形，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，其能成之工作亦多，其吸收營養素能力亦大。Schumann氏曾作一試驗，於每一腦包爾皿中貯盛100公分土壤，後種各種作物於其上，比較其吸收磷酸與加里之能力，得結果如下（黑麥=100）：

農作物	沙質壤土 pH4.5	重粘土 pH5.7	重壤土 pH6.0	等質壤土 pH6.9	壤土 pH7.6	壤土 pH7.9	輕壤土 pH8.2	重壤土 pH8.5
-----	---------------	--------------	--------------	---------------	-------------	-------------	--------------	--------------

吸收磷酸

黑麥.....	100	100	100	100	100	100	100	100
小麥.....	90	98	92	81	86	92	89	99
大麥.....	65	87	74	65	76	73	77	108
燕麥.....	108	114	95	88	87	80	75	89
油菜.....	23	47	52	65	59	53	44	88

吸收加里

黑麥.....	100	100	100	100	100	100	100	100	100
小麥.....	74	93	90	101	91	102	99	99	98
大麥.....	53	74	69	64	73	90	83	89	103
燕麥.....	83	99	89	77	81	98	87	85	71
油菜.....	48	80	55	86	65	63	66	64	78

植物細胞之活動力大者，其解放之 CO_2 量亦多。測定其所解放之 CO_2 量，吾人即可知其活動力之強弱矣。茲錄 Stoklasa 氏測得各農作物根部所解放之 CO_2 量如下(試驗日數：84日。溫度： 20°C .):

農作物	根之乾物質 (公絲)	由根部產生 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 在廿四小時中所產 生之 CO_2 量(公絲)
黑麥.....	410.3	165.4	41.3	100.5
小麥.....	466.2	164.3	44.2	94.8
大麥.....	997.2	264.7	70.3	70.5
燕麥.....	421.2	173.0	47.0	111.5

以上結果與吾人實際觀察得農作物吸收營養素能力之結果相符合。植物根解放 CO_2 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。溫度高時，農作物吸收營養素之能力亦大。微生物之活動盛者，土中二氧化碳亦多，因之，農作物吸收營養素亦易。

第二目 土壤

土壤愈肥沃，施用肥料之效力愈大。土壤之肥沃度，靠其天然營養素存量小，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。此種保存物須與鈣或鎂結合之後，性始穩固。(參考王世中譯：土壤學之新發展，正中書局，民三十四。)以故施用肥料之先，吾人須先考察土壤中腐植質與石灰之量是否能夠。(亦有人施放礦物質營養素保存物或鹼性岩石粉於沙土者，但不普遍。)如否，則應添施之。世界上除俄國南北美之黑土，非洲新墾土之一部，聚植土等含腐植質甚富外，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，偶有常施腐植質肥料之農田，如綠肥，其腐植質含量較高，其生產力亦顯然強大。吾人均須酌視吾人每一農田之情形，擇其適宜之腐植質肥料而常施之。

土壤之石灰含量對其肥沃性，關係極深。世界上黑土多發育於黃土，因後者含石灰甚富也。土壤缺乏石灰，則變酸性，為害土壤之性質，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：溶解40公分 KCNS 於一百公撮95%酒精中。

Emerson氏試液：混合100公撮乙醚於900公撮丙酮中。後溶解1公分 KCNS 於此混合液中。

試驗時，以供試土置試管內三分之一，注藥液至管之一半。搖盪之。靜置十分鐘後，液面澄清，並按土壤酸性之強弱，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。茲示酸度與石灰需要量於下表：

酸度	顏色	PH 相當價	石灰需要量 (每市畝 CaCO_3 斤數)
無	○ 無色	7	不 施
極 弱	1	6—7	10—20
弱	2	5—6	20—40
中	3	5	40—80
強	4	4—5	80—160
極 強	5	4	160—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，如洋薯，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，養之，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公撮之數目以 y_1 (A)代表之。以3.5乘 y_1 (A)即得總交換性酸量， S_A 。

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

例：消耗0.1 n 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2000 000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。按前述試驗，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 $\frac{1}{2}$ 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250 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，養之，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

公撮之數目，以 $y_1(H)$ 代表之。以30乘 $y_1(H)$ ，即得總水解性酸量。

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

中和水解性酸量所需之石灰量之計算法，一如前所舉之例。計算得理論上所需之石灰量後，乘以 $1\frac{1}{4}$ 即得實際上所需之量。

Kappen氏之法僅可應用於礦物質土壤。其常數3.5與3.0是否能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. 94, 101, 120-121, 178.）

土壤所含之營養素不能全為植物所吸用。其能為植物所吸用者，吾人稱之為在「根可溶之狀態」（in wurzellöslichem 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」營養素為若干也。不溶性之土壤營養素可漸漸風化為「根可溶」者。其速度在寒帶甚緩，在熱帶較速。據Alten氏之估計，在熱帶，植物自土中所吸收營養素總量中有百分之十係取自風化之礦物微粒。吾人現有許多方法，可測定土壤缺乏「根可溶」營養素之量或需肥量。惟最可靠，最標準者即田間試驗，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，民三十一。）此法之劣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。

I. M. tscherlich氏法係根據其所創之收穫量律（Ertragsgesetz）而產生。其律曰：「植物收穫量受若干生長因子所支配。每個因子對於植物收穫量均有其一定質與量上之影響。增加每一因子皆使植物收穫量增加。後者增加之量視實際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，其未增加時之原有量愈小，則因其增加而起之收穫量之增加亦愈速。」Mitscherlich氏尚創一數學公式，解釋其律：

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

式中

A = 在該環境下所可能得到之最大收穫量，

y = 實際得到之收穫量，

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：

$$C_n = 0.122$$

$$C_{k_2O} = 0.83 \text{ 無鈉共同存在}$$

$$C_{P_2O_5} = 0.60$$

$$C_{k_2O} = 0.93 \text{ 有鈉共同存在}$$

以上乃述 Mitscherlich 氏之收穫量律。其土壤需肥量之測定法係：每盆各盛供試土壤七公斤。按試驗之目的，處理以不同之施肥法。後種燕麥於其上，成熟後刈之，秤得各盆之收穫量。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。鉀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 Dingerbedarfes des Bodens, Berlin 1930）。

Mitscherlich 氏法頗受人之非議，除上述之緣由外，尚因其過於倚靠數學，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，剪下燒成灰，化驗其磷酸與加里含量。終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。一公絲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：

黑麥與燕麥 …… 4公絲 P_2O_5

20公絲 k_2O

小麥與大麥.....	6公絲 P_2O_5	80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 Mitterlich, Weissmann and Neubauer Methods of Determining the nutrient contents of Soils. Tech. Comm., No. 25, The Imp. Bur. of Soil Sci, London, 1932.）

此法僅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 *Azotobacter* 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., Poschenrieder, H. und Trischler: Die Ernährung der Pflanze, 26. 97. 839. 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鐵。測其鐵量之多寡，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氏用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。Truog氏用N麥500硫酸溶液，內含硫酸銨為緩衝劑，保持其酸度於pH3，抽取土壤之磷酸。如在黏性土壤種植普通作物，每英畝須含70磅磷酸，沙性土壤，須含50磅。如種蔬菜作物，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磅即是（參考：C. H. Wright: Soil Analysis pp.172—174, 1934）。Lemmermann氏以王水測定土壤所含之磷酸總量，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. u. Fresenius, L.: Zeitschrift f. Pflanzenernähg, Düngung und Bodenkunde, A 2, 868 (1923); B, 6, 163 (1927) A, 15, 249 (1929)）。

近年來，吾國農業化學界人士所作之地力測定工作，極著成績。中央農

業實驗所張乃鳳氏等曾在蘇，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田間試驗，測定地力，得知全國普遍缺乏氮素，長江流域及長江以南表層缺乏磷素。鉀素則在全國各地土壤中俱豐富。茲詳述之如下：

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

石灰性沖積土。此土母質大部為栗鈣土與黃土。其在黃河流域者，性質與栗鈣土相仿。缺氮程度較栗鈣土低。張氏特別指出，在此區所作之試驗俱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，滲灌較烈，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。成都平原之表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鹽漬土之地力，因材料不足，一時不能斷言。

紅壤。在張氏等所曾測定紅壤中，缺氮者，平均佔72%，缺磷者佔38%，缺鉀者佔11%。

黃壤。黃壤之地力較紅壤低。在張等所曾測定之黃壤中，平均缺氮者佔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82%，缺磷者佔27%，缺鉀者佔2%。

張氏又根據其試驗結果言，小米，玉米，油菜，與水稻四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。（參閱張乃鳳：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，桂平，貴縣，龍津四處以氮磷為最著，磷次之。南寧，天保，賓陽三處之土壤，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。又就十三處之總平均而言，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彙編：科學與廣西植物生產，民32.第48—49頁）。

地力測定之工作，全國各農事機關繼續行之者甚多。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。土壤質地輕者，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，以增加土壤吸收營養素及水之能力。腐植質肥料在此類土壤中，分解甚易，損失甚迅，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立玄武岩，輝長岩之粉末於沙土者。此類粉末風化之後，亦可增加沙土之肥沃度。粘重之土吸收營養素之能力甚大，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，一切肥料均可使用。

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，使表土溶液之濃度，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，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，莫不皆受氣候之支配。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。茲拋開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，雨量大者，肥料之分解速，可以施。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。施用綠肥之成敗，常有視於雨量之多寡。雨量過少者，綠肥奪其他作物之水量，使其缺水，而減產量。綠肥在缺雨情形下，墜於土中，不易分解，流弊甚大。又若降雨不得其時，

常使施肥遭受障礙。茲錄孫逢吉氏引孫恩慶氏之言於此，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。不久見霉，追肥又有被雨沖失之虞。習慣上，每於霉雨後施肥，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，應爲棉田最經濟之肥料，祇以見效稍緩，棄而不用……。」北歐農民（我國農民亦有之）種前冬小麥，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，自不能如此。

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，魚肥。桐糞宜於桐區。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。本書第二與第三兩章已述之甚詳，以後仍將時時闡述之。

第五目 輪栽制度

歐美農民常以廐肥施於根莖作物，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，後者尚喜疏鬆之土壤與大量之肥料，故以廐肥施于之，効力最大，最爲得計。德國農民於種植根莖作物時，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，勿甯施用過量，因磷肥可長存土中，不隨雨水流失，可供後造吸用也。北歐農民又常種前吸肥力強大之作物如燕麥，黑麥於根莖作物之後，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，無需另施肥料矣。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，差異甚大。前作所遺於土中之殘株根部常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，現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，而係以輪栽制為對象。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，秈之中，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能相同。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，難於劃一。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除取給於土壤外，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，則根際易於發展，肥料易於分解。下土堅結，則田水不易流失。稻之土宜亦因氣候而異。熱帶以黏質土壤為宜。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量與時期。根據意大利 Vercelli 水稻試驗場 Novelli 氏之研究，每英畝如產 6000 磅籽實與蘆稈，其自土中抽取營養素之數量有如下列：

N	110 磅
P ₂ O ₅	65 磅
K ₂ O	85 磅

花卉氏在日本元山陰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：

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等者。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。原頌周氏示廣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，則宜施少量速效肥料，如腐熟之人糞尿，硫酸銨等。若時近移植，任何肥料皆不可施。

吾國農民亦有用綠肥如苜蓿，紫雲英，苕子等爲秧田肥料者。整理苗床時，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，廐肥，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，黑豆，苦草，豬屎豆，田菁，苜蓿，油菜，菇菜，水草，苦刺，老鼠豆，雜草，菸莖等，不可勝舉。凡盛用綠肥之水稻田，土色恆暗，較爲肥美，水稻之產量亦高。徐天錫，張國材與李鍾衡等三氏在廣西用紅花草 (*Astragalus sinicus* L.) 與肥田草 (*Vicia cracca* L.) 爲試驗，凡三年，發現二者均能增加早糙水稻產量，尤以肥田草之效爲大，對晚糙則無影響。第四年，紅花草區改種油菜 (*Brassica chinensis* L. var. *oleifera*)，肥田草區改種茹菜 (*Brassica rapa* L. var. *oleifera*)。茹菜效力較油菜爲大。肥田草提高稻穀產量 18.8%，茹菜提高 17.01%。按成都平原之情形，種苕子，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，足爲三畝水稻田之綠肥。

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遜，因前者分解較難也。水稻田中有機質肥料之效力常與化學肥料相伯仲。此蓋因水稻區域溫度恆高，有助有機質肥料之分解，且有機質肥料不易流失故也。化學氮肥中，智利硝之效較硫酸銨爲遜。此蓋因土壤能吸收銨態氮，

不能吸收硝酸鹽態氮，後者隨水流失。此外，硝酸鹽在水稻田土壤中有行脫氮作用，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	28.18	7.04	61.5
醬油粕	8.42	23.14	—	—
燒酒粕	4.55	33.66	—	—
鱧粕	10.50	33.73	9.19	69.3
鯧粕	8.50	33.80	9.64	70.2
乾鯧	—	—	10.03	54.1
乾血粉	10.3	29.91	12.98	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	20.75	15.6	42.8
菜種油粕	—	—	5.26 5.4	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	133.00	燒酒粕	104.5	—
堆肥	38.6	70.9	桿實粕	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	—	乾鰓	99.9	90.3
角粉	100.0	—	胴鯨	100.0	—
骨粉	100.0	—	鯨粕	113.6	94.2
血粉	105.7	—			

由上可見在水稻田中，硫酸銨與鯨粕之效，稍勝於大豆粕，海鳥糞，角粉，骨粉，血粉，燒酒粕，桿實粕，胴鯨等與之相若，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，硫酸銨之效較勝於大豆粕，硝酸鈉與之相若，米糠，種粕，乾鰓，鯨粕等稍遜之，而以堆肥為最劣。

陳方濟氏於民國二十二年在中大農學院農場，用圓鉢試驗各種肥料對水稻之效應，亦發現菜餅與桐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餅。

黃瑞綸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，發現花生麸之效較桐麸大，桐麸之效又較茶麸大。

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

肥料種類	元 畿 內 支 場 *		西 原 本 場 **	
	三年平均之每日段收量 (稻米)	每日貫氮素對無氮區之增收量	每日貫氮素對無氮區之增收量	
		每日段 比率	每日段	比率

人糞尿	石 2.505	石 0.302	100	石 1.258	100
米糠	—	—	—	0.945	75.1
油粕	2.592	0.359	115.6	0.964	76.6
鯧榨粕	2.500	0.298	93.3	1.134	90.1
鯧榨粕	2.548	0.330	109.3	1.357	107.8
乾錫	2.539	0.324	103.9	1.192	94.8
燒酒粕	2.608	0.300	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
醬油粕	2.464	0.273	90.4	—	—
蒸製骨粉	—	—	—	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	2.058	—	—	—	—

★ 施1.5 日貫氮素

★★ 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，大豆粕之肥效在西原本場比人糞尿為遜，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。日本鏡氏以不同量氮素施於每日段之水稻，試驗每日貫氮素對於稻米之增收量，並計算其比率，得結果如下：

每日段氮素用量 (日貫)	每日貫氮素對稻米 之增收量(石)	比率	每日貫氮素對葉厚 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	0.926	73.5	20.8	80.7
3.0	0.830	72.1	20.5	79.7

由上表可見，氮素施用量愈多，稻米之增收量愈減。每日總施用大於2.0日貫時，其增收量之減退愈劇。

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。每畝施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，其效常不如分數次施用。日本今關氏以圓筒試驗水稻之施肥期，發現肥料分數次施用者，其吸收率較作基肥者常高出百分之十乃至二十。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	63.9	76.7	74.7	130	157	152
智利硝	23.9	46.9	52.3	47	96	107
蒸製骨粉	59.2	—	—	121	—	—

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

插秧一日前施用	51.4%
插秧二十日後施用	79.9%
插秧四十日後施用	23.2%

施用氮素退肥之時期最應注意。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，水稻對各種磷肥之吸收率有如下表：

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
磷酸鈉	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。我國農民有喜施石灰於水稻田者，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，始得適宜，關係之因子甚多，值得吾人之研究，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, Nishigahara) 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，終又檢定其在不問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		少肥組插秧時 灌溉水反應 (六月十三日)	同組六月二十 日灌溉水反應	同組十月二十日 收穫後土壤反應
	濃硫酸	碳酸石灰			
			PH	PH	PH
I	50cc.	—	4.1	4.1	4.3
II	25cc.	—	4.3	4.3	4.9
III	—	—	4.8	4.9	5.9
IV	—	30g.	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>	39	34	28	5	29	<u>75</u>	54	46	<u>50</u>
大和力	5	16	<u>32</u>	27	22	14	5	10	<u>45</u>	19	28	<u>30</u>
豐國	9	8	28	23	22	17	5	15	<u>45</u>	33	30	23
福島	5	6	<u>30</u>	25	20	18	4	13	<u>44</u>	36	32	<u>29</u>
龜尾	5	24	<u>42</u>	37	23	23	5	27	<u>44</u>	39	33	<u>32</u>
白川	4	12	41	30	26	24	5	13	<u>52</u>	37	35	28

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	13	35	35	38	<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	23	<u>28</u>	8	21	<u>42</u>	40	37	37
福島	8	18	<u>23</u>	21	21	21	4	16	17	27	31	34

龜尾	1	21	<u>29</u>	22	25	31	3	29	26	39	40	<u>44</u>
白川	—	11	17	18	26	<u>27</u>	4	17	41	35	38	<u>43</u>

丁、七月十一日各盆水稻平均桿高（日寸）

品 種	少 肥 組						多 肥 組					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
愛國	79	91	122	<u>125</u>	115	113	46	109	125	<u>129</u>	120	123
大和力	37	146	<u>196</u>	179	177	149	52	129	<u>195</u>	164	179	156
豐國	79	101	<u>147</u>	142	140	132	58	101	<u>169</u>	158	153	149
福島	64	122	<u>176</u>	156	147	157	47	116	<u>181</u>	<u>183</u>	180	165
龜尾	45	127	<u>154</u>	152	144	137	53	128	<u>158</u>	<u>158</u>	151	150
白川	46	117	<u>172</u>	158	158	152	66	123	161	<u>166</u>	<u>166</u>	145

戊、九月十一日各盆水稻平均桿高（日寸）

品 種	少 肥 組						多 肥 組					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
愛國	188	226	289	304	305	<u>318</u>	160	255	<u>334</u>	332	331	<u>334</u>
大和力	—	385	<u>374</u>	366	385	383	—	392	424	<u>455</u>	428	415
豐國	280	325	359	<u>375</u>	348	367	171	384	394	<u>396</u>	390	390
福島	385	347	367	<u>379</u>	380	366	285	388	349	406	<u>407</u>	374
龜尾	103	321	317	308	308	<u>318</u>	163	362	333	363	<u>368</u>	373
白川	—	303	334	<u>349</u>	343	341	200	331	<u>369</u>	363	<u>353</u>	358

己、籽實收量

以平均一盆之籽實收量與 VI 比較（VI=100）

（a）少肥組

處理 品 種	I	II	III	IV	V	VI 籽實重 公分
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
豐國	12.6	16.9	78.2	87.2	85.4	100=63.5
福島	29.6	25.7	87.0	91.0	87.2	100=65.25
龜尾	0	41.5	78.7	80.3	82.0	100=61.0
白川	0	28.8	58.4	78.9	93.7	100=63.35
平均	6.2	41.1	89.1	94.1	94.2	100

(b) 多肥組

處理 品 種	I	II	III	IV	V	VI 籽實重 公分
愛國	1.1	22.3	76.0	91.4	80.8	100=87.0
大和力	0	83.4	143.2	110.7	95.2	100=58.0
豐國	14.3	45.0	110.2	90.7	99.3	100=70.0
福島	4.7	59.7	47.5	101.6	109.2	100=75.0
龜尾	0	67.4	75.1	77.9	64.7	100=71.25
白川	2.1	39.8	113.9	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—4.9）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%。大概言之，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。豐國與福島兩品種抗酸力最為強大，經強酸處理，猶能結實。以一般之情形言之，IV、V、VI 之生長

最爲良好，其 pH 值均在 5.3-6.0 之間也。

日本瀨岡縣試驗場曾以不同量之石灰，施於水稻，而作試驗，延十五年之久。每年均稱得其籽實與藁桿之產量。第十五年再分析各區之土壤。茲誌其結果如下：

甲、石灰施用試驗成績（用無量木框，其面積爲三平方日尺）

產量 石灰用量 畝/日尺	第十五年每區籽	十五年平均籽	第十五年每區藁	第十五年
	實收量(公分)	實收量(公分)	桿收量(公分)	籽實÷藁桿
無石灰	250.1	261.8	218.7	1.043
石灰 25	384.8	299.2	271.4	1.234
石灰 50	370.5	303.4	260.4	1.269
石灰 100	277.3	298.7	219.3	1.264
石灰 200	106.6	284.9	93.9	1.077
石灰 300	69.6	143.8	60.3	1.254

乙、石灰連用第十五年試驗區土壤分析表(%)

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	3.3	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	1.38	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	0.23	
灼熱消失量	4.45	4.52	4.79	4.90	4.73	4.72	
全 P ₂ O ₅	0.07	0.06	0.09	0.09	0.11	0.11	

全 K_2O	0.17	0.17	0.18	0.17	0.16	0.17
Na_2O	0.49	0.45	0.54	0.52	0.50	0.51
CaO	0.49	0.65	1.04	2.40	5.17	5.65
MgO	1.00	0.96	0.96	0.98	0.97	0.95
SO_4	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.09
有效態 P_2O_5	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.08
有效態 K_2O	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
N 吸收力	0.93	253	242	285	232	327
P_2O_5 吸收力	454	616	682	820	1097	1397

從上列甲表可見，以十五年平均之籽實收量言，每日段施25貫，50貫與100貫者結果相若，均係最高。在第十五年，則以施25貫與50貫者籽實與莖桿收量俱最高。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或莖桿之產量俱較不施石灰者為低。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全量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，土壤概為鹼性，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。石灰含量隨石灰施用量之多寡而增加。氮素與磷酸之吸收力因石灰之施用而益增。

日本靜岡縣試驗場曾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），磷酸與加里各2.0貫。此外，分不施石灰，施30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。其後數年施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。其歷年平均產量則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較第五年分析所得者，酸度低，含氮少，含加里少，含磷酸與石灰則較多。至於第五年所得之稻米，其粗蛋白質含量較第十二年所得者為高，當係因是時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		歷年平均 每區收量	稻米粗蛋白質含量 %		
	籽實收量	比率		第十二年	第五年	差
無石灰	勿	100	勿	8.48	9.48	-1.30
加用80貫石灰	55.07	1.5	53.38	8.57	9.79	-1.22
加用50貫石灰	50.0	94.3	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、石灰施用試驗區土壤分析表（風乾細土中百分所含之量）

試驗區	全酸度		全氮素		全磷酸		全加里		可溶石灰	
	第十年	第五年	第十年	第五年	第十年	第五年	第十年	第五年	第十年	第五年
無石灰	1.21	1.35	0.28	0.37	0.067	0.051	0.11	0.25	0.17	0.165
加用80貫石灰	0.3	0.6	0.27	0.35	0.075	0.056	0.12	0.285	0.25	0.23
加用5貫石灰	微鹼	弱鹼	0.24	0.37	0.083	0.056	0.11	0.234	0.34	0.28
加用100貫石灰	鹼	弱鹼	0.22	0.33	0.071	0.061	0.13	0.212	0.68	0.43

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

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。湘西農民有言「一穀子須二斤兩膏」。沿海農民尙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。閩北農民有以種根鹽硫磺，木灰及菓子餅之混合糞，然後插入田中。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，未經精密之科學研究，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800市斤小麥莖桿之收穫物自土中抽取：

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

400市斤籽實.....	6.4	8.4	2
800市斤藁桿.....	3.6	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僅遜於黑麥，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，前作種類，與前次施用廐肥之情形而定，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，可以不施，在德國東部氣候寒冷，種植晚熟小麥時，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，而係含有氨與硝酸鹽之氮肥，可於春季一次施下，春季施用氮肥過遲，結莢桿葉減少籽實收量，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，硝酸鹽效力最佳，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. Sch eidwind 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	藁 桿 市畝/市斤	收穫物中氮素 市畝/市斤
前作：甜菜不施肥	344	488	6.34
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，藁桿多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，為施用於洋薯及甜菜之廐肥之量相等，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，則播種常遲，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。

4. 石灰肥料，小麥土壤之適宜反應如下：

據	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—7.8	—	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	.26	六月	4.0	3.7	1.60
五月	4.80	6.4	2.5	七月	.93	.65	.53

大麥根莖吸用營養素之力不強，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。

1. 氮肥。大麥桿細，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，發芽力應強，以故，種植釀造大麥，所用氮肥，磷肥，與鉀肥之量務宜適當。氮肥不可施用太多，能利用土壤舊有氮素，而稍稍補充以微量之人工氮肥，則為最佳。故以德國情形而言，根莖作物係釀造大麥最良前作。

如大麥成熟時，缺乏水份，則氮肥之流弊大為消滅，因在此情形，大麥之蛋白質含量不因施用氮肥而增加也。據H. Wiessmann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於釀造大麥者。如種釀造大麥於深厚壤土，則對氮肥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硝酸鹽，氮肥對作物之作用不強，最宜於中性之大麥土壤。硫酸銨之生理酸性對大麥常無危險，因按德國情形，大麥之前作恆為曾經施用石灰之甜菜與洋薯也。氮肥之兼含氮與硝酸鹽者，作用迅速，並能持久。純粹之硝酸鹽能於短期之內，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 5.3 市斤之氮素。

施用氮肥於飼料大麥，可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，種植冬大麥時須知冬麥在秋季所吸收之營養素量較各黑麥為多。

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，如對磷酸石灰。H. Neubauer 氏以大麥在生長期僅能吸用土壤中根可溶之磷酸百分之二十，其他穀實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底肥之量，種類，方法與時期而定。至於鉀肥狀態之選擇，鉀瀉鹽無異於濃厚之鉀鹽。根據德人之試驗，鉀瀉鹽之效常較濃厚之鉀鹽為佳，但其施用期勿過靠近播種期，於重土則以施用濃厚者為佳，因其對土壤性質無礙也。

4. 石灰肥料。大麥需要中性以至弱鹼性之土壤，欲得良好之收穫，其土壤須有以下之反應：

據：	O. Merhenius	L. Hiltner	M. Trénel	C. Olsen	S. Oswald
大麥……	7—7.8	6—7	7—8	65—8	7—8

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

第四目 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。黑麥能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，剝那之間，覆蓋全田，減少土壤水份之蒸發，又發芽甚早，能良好利用冬季遺留之雨水。最終黑麥之蒸發常數較為低小。故黑麥能耐長久之早期，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市斤磷酸與3.0市斤加里。葉桿之量若多，此種數目即行變異，10市斤籽實抽取1.4市斤氮素，0.85市斤磷酸，與0.6市斤加里。300市斤稈桿抽取1.5市斤氮素，0.78市斤磷酸，與3.0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市斤為假設，計算其每月所吸取之營養素數量如下：

	氮素	加里	磷酸		氮素	加里	磷酸
	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……	0.8	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，其實此舉係屬錯誤。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。在輕土，氮素易於流失。如有機肥料在黑麥播種時尚未大分解，則其功用更遜，如腐肥性質不佳，施用稍遲，或施用綠肥，則黑麥初期生長不盛，難於被覆全田。土中如有腐肥或綠肥物質，則孔隙繁多，使黑麥易罹凍害。

1. 施用人工氮肥時，吾人須注意四點：(a) 黑麥係一省費作物，易適於多種土壤。(b) 燕麥之外，黑麥之根部發展最良。(c) 與其他穀實作物較，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，約較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啓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1.8市斤氮素。如氮素施用過多，冬季流失之量亦大。Laube氏在1920/21年在Petkus之乾燥沙土曾作肥料試驗，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1.33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，如穗已成，即可施矣。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。

氮肥如兼含氮與硝酸鹽，其效迅速，並能持久。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。如專用硝酸鹽，則須分次施予。Laube氏在德國Petkus城曾作將硝酸鹽分數次施予之試驗，每市畝共施40市斤硝酸鹽。第一次16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洗失，可將氮肥作一次施下，但勿用硝酸鹽。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。如以硫酸銨或洛那硝為追肥，而又施用太晚，年時又乾，則錯誤倍甚。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

薯之後，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，常以燕麥繼根莖作物，以黑麥繼燕麥，種燕麥時不施磷肥，種黑麥時，可施八市斤酸磷，至於選擇過磷酸石灰抑湯馬斯磷肥，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。

3. 在輕沙土與聚瓶土上種植黑麥，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蘆肥之後作用，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，吾人不可施肥於薄雪之上，蓋雪將因之溶解，使作物失其保護物，雪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，如在壤土，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. Trénol C. Olsen

5.0-6.0 5-7 4-7 6.0-65

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，春季早墾之地點，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. Liebster 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。燕麥在發育前六至八星期中之營養素之需求量不大，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。韌學之燕麥種能耐並能用大量之氮肥。燕麥之質不為氮肥所影響，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後始可定，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公斤硫酸銨，150公斤鉀瀉鹽，或相當數量之40%鉀鹽，100公斤湯馬斯磷肥，或雷蘭那磷肥 (Rhenaniaphosphat)，250公斤碳酸石灰。後者每四，五年施用一次，厩肥與綠肥則每區均施用之。

Potkus 城農事試驗場之燕麥施用法之試驗結果 (五十公斤為單位)

收穫之年	完全肥料	缺石灰	缺氮	缺磷酸	缺加里
1905.....	8.75	9.00	6.10	8.85	8.15
1912.....	18.60	18.30	11.65	18.15	18.20
1916.....	17.30	15.60	8.70	15.05	12.64
1919.....	12.70	14.15	7.80	14.30	13.80
1922.....	11.75	12.25	8.10	11.65	10.70
192.....	11.07	11.34	8.16	11.9	19.82
平均：	14.23	14.33	8.88	14.07	13.13

此試驗示50公斤硫酸銨平均產生250公斤燕麥籽實。

燕麥對氮肥狀態並不苛求，作用遲緩之氮肥亦可以用。W. Schneidewind 言，在穀作物中，燕麥係最能利用氮之作物。如以石灰氮素為肥料，則施用宜早，因氣候若乾，其效不著，收穫即減。氮肥之兼含氮與硝酸鹽者，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，如用硝酸鹽氮肥，須分二次。第一次施於播種前，另一次係作追肥。

2. 磷肥。燕麥根部吸用土壤磷酸之力特強。如種前作時曾施大量磷酸，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。如燕麥非種於根莖作物之後，土壤為輕沙土，則必須施用磷肥。如燕麥係種於曾施大量磷肥之根作物之後，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；在沙土或聚補土，則應施鉀肥，用鉀瀉鹽即可。

4. 石灰肥料。燕麥土壤之適當反應為：

據：	L. Hiltner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，燕麥非必生於酸土，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，猶其係於重土為然。燕麥土壤可勿施石灰。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市斤籽實	3.8	4.9	1.1	1.7
400市斤葉桿	17.4	3.0	6.5	1.2
130市斤石穗	0.8	0.4	0.1	0.1
總共	21.8	8.1	8.0	3.0

玉蜀黍系一穀實作物，其吸收營養素之作用及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。

玉蜀黍最能利用糞肥與綠肥。玉蜀黍無倒伏之危險，故可多施糞肥與氮肥。栽培玉蜀黍應否再施氮肥，須視所施之糞肥之量與質而定。如曾施用大量糞肥，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。如下施有機肥料，可於每市畝施93市斤氮素，40市斤湯馬斯磷肥，與約30市斤40%鉀鹽。如以硝酸鹽為追肥，須注意勿使，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

洋薯需空氣流通，含水充份之疎鬆土壤，其塊莖在其中始得盡性發育。以故，壤質沙土，沙質壤土與黑土特適於洋薯。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。

洋薯自土中所抽取之營養素量較穀實作物為多。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，則其自土中抽取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（籽實與蘗桿）…	4.9	16.8	3.5	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，洋薯所需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，在畜牧制發達之國家，農作物之蘗桿常製為廐肥，施於土中，蘗桿含加里甚富，在我國，農作物之蘗桿常燒為灰，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。

廐肥於洋薯特為適宜。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。此時廐肥分解亦盛，恰可供給之。洋薯生長期甚長，廐肥之效力則緩，與之配合，故甚適宜。

於重土中種植洋薯時，施用廐肥最為重要，於輕土，則綠肥可以代替廐肥，其効時或較廐肥尤大。

1. 施用石灰時須使（a）土壤有適宜之反應，（b）注意洋薯生癭疤之危險。施用石灰於洋薯，有物理，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。土壤愈粘重，反應愈應靠中性，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溫。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。

施石灰於種洋薯之土壤，以用碳酸鈣為最佳。如欲避免洋薯在輕

士牛癩病之危險，則可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，則吾人易察得其對酸與鹼之靈敏性。J. Hudig 氏曾在各種土壤輪栽制中，屢次察出少量硫酸錳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. 施用磷酸肥料，吾人可注意者：(a) 洋薯吸用磷酸之能力較強。(b) 廐肥所含之磷酸，對於洋薯，効力至大。(c) 磷酸不至為水所沖失。

洋薯吸收磷酸之能力至強，故許多用洋薯田間試驗研究均示，如施用大量廐肥，附施磷酸肥料恆無利可圖。W. Schneidewind 氏在 Lauschatdt 曾作一實驗，發現附施磷酸肥料係有利之舉，Eichinger 氏與 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，故吾人可於種植需磷最多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，洋薯其著者也。為求得到最大收穫量起見，種洋薯時，每市畝可施5.3—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，如種早洋薯，則以過磷酸石灰為上，因早洋薯生長期甚短故也。

3. 施予加里肥料於洋薯時，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) 施用加里不得其法，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。用綠肥係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13.4—16市斤純淨加里加於土中。據 Th. Rémy 氏言，此種廐肥加里對洋薯，効用至大。W. Schneidewind 氏謂廐肥加里之為植物利用者達60%。廐肥加里及總加里之肥効視其他

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

	鉀礆鹽	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	23	35	35	36
澱粉	1.0	3.9	5.6	6.0
(b) 澱粉含量 + 或 -				
百分數	-2.2	-1.3	+0.2	+0.3

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. 鉀礆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. 如腐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輕土，則雖鉀礆鹽亦可用之。但依德國一般情形而言，種洋薯之田常在雜播種不久之前始能耕畢，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. Nolda 氏曾報告渠對施用硫酸鉀之經驗。渠以40%鉀鹽與硫酸鉀鎂

為試，發現鉀瀉鹽或40%鉀鹽如施用稍遲，洋薯之澱粉含量即行減少，硫酸鉀則無關係。

施多少之鉀肥始為有利，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。腐肥之量與質對於加里問題甚有影響。加里之施用量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。鉀肥施用過多自減少收穫量之危險。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3300—4000市斤澆肥之外，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。如不用澆肥，僅用綠肥，則收肥4000市斤洋薯，須施13.3—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，所加入土壤之氮量。(b) 洋薯吸收氮素之作用，進行徐緩。(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，土壤狀況與氣候之不同，在蔭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，較最為顯著。洋薯係最能適應環境之作物。施中量之澆肥後，再施6.7市斤氮素，係最微小之量。如其他因子均能良好互相作用，則可施8—10.6市斤純氮。

氮肥以氯化物為最上，而以氯化銨為例外，洋薯能良好利用銨，硝酸鹽類之肥料不能過之也。如土壤中，促媒作用與微生物作用至強，則一部之氮可用石灰氮素。此種肥料應與加里混合，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為洋薯之追肥。

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	19.3	—	—	3.33	4.8	8.1	3.1	0.5	—	—	150
加里	41.2	—	—	6.10	7.8	17.9	7.6	2.3	—	—	150
磷酸	8.9	—	—	1.20	1.7	3.6	1.7	0.7	—	—	150

上表示 薯須有不斷之氮素供給，故用氮素肥料為追肥，計至良善。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。

施肥於早洋薯時，吾人須知早洋薯生長期極短，其吸收營養素係在五、六或七月之一部，約65日（德國情形）。所施之有機肥料應充份分解，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-Bürs 氏言施予中量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，必選良好無病之種。

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，其上層又常缺水，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。石灰岩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)
5840市斤甜菜 (連葉) ...	27.0	34.0	10.4	12.3	9.3
2670市斤洋薯 (連葉) ...	14.1	22.8	5.3	8.5	5.3

6670市斤飼料蔬菜(通葉)	28.0	38.6	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營養素略少於飼料蔬菜，而幾達洋薯抽取量之一倍。

甜菜之肥料亦以廐肥為最重要。惟單獨施用廐肥，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. 石灰肥料對於甜菜至為重要，因甜菜不喜弱酸性土壤也。在酸性土壤中，甜菜幼期發育過盛，而呈病態。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。輕土須 PH 7，重土須 PH 7.5。施石灰於重土，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	觀察得之次數		
	<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	23	—
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	弱鹼	
良好	3%	51%	15%	
不良好	30%	1%		

愈近中性，甜菜之生長情形愈常良好。

鹼性過強亦有害於甜菜之生長。W. Krüger 氏示甜菜之心腐病 (Herzfaule) 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。施於輕土可用灰泥岩與碳酸石灰。用前磨碎，以便施撒而增効力。甜菜土壤須每三四年即受化驗一次，以便及時施予石灰。在重土，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，則此收穫物，據 Th. Remy 氏之計算，含9市斤磷酸。H. Neubauer 氏估計5800市斤甜菜平均吸用8市斤磷酸。如每市畝產量爲4000市斤，則總收穫物吸用約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83%。此種數目，自然按土壤種類，土壤狀況，與土壤反應之不同而變異。吾人計算應施之人工磷酸肥料之數量時，應先估計土壤之磷酸含量與有機肥料之磷酸含量。甜菜最喜磷酸，故德國農人常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。

施予重土之磷肥，以過磷酸石灰爲最佳。但據 H. Niklas 氏，A. Strobel 氏與 K. Scharer 氏之研究，過磷酸石灰非盡較其他磷肥爲佳。但幼小甜菜需要水溶性磷酸。過磷酸石灰，在此有確定性之價值。

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市斤腐肥者，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，則可完全不施磷肥。

3. 鉀肥。據 Neubauer 氏，每市畝產生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，對鉀肥可不及種洋薯時之注意也。

施用鉀肥於洋薯時，吾人對加里之狀態至爲講究。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惡影響也。A. Jacob 氏之試驗示施未經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 氏均發現爲甜菜所吸收之氮素約有93%係進入葉中。

施用鉀肥於甜菜時，應用原鉀礦石抑濃厚之鉀肥，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的構造至易也。輕土以鉀瀉鹽為佳，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磷肥之施用量而定。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，而使用智利硝為追肥者，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小時期儘量生長。(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. Rémy 氏之估，1000 市斤甜菜與其葉含 4.3 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 城農事試驗場所所得之結果，與此亦相若。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. Rémy 氏言，5300 市斤甜菜與 5300 市斤之葉含約 28 市斤之氮素，5300 市斤甜菜與 3700 市斤之葉僅含約 22.7 市斤氮素。

Th. Rémy 氏示 8300 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 ●	0.3	6.23	11.20	2.70	4.30	159	24.7
磷酸	0.1	1.43	3.57	1.43	2.40	159	8.8
加里	0.3	5.30	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量較其所生成之有機質體為禱大。

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量生長。吾人尚須注意者，甜菜漸漸生長，天氣亦漸漸轉暖，有機肥料可解放之氮素量亦漸漸增加。種植甜菜時，吾人須盡力設法減輕雜草對甜菜之威脅，故須施大量人工氮素肥料。吾人愈能幫助甜菜之生長，則愈能減輕將來中耕鋤草之費用。

硝酸鈉係甜菜之良好肥料，但其價較硝酸鈣稍昂。P. Wagner氏以為硝酸鈉對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氏謂鈉鹽尚有一可能之作用，鈉可代替莖葉中鉀之位置，使鉀可為生成其他植物機關之用，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分之加里肥料，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擴散較易，有助甜菜吸收加里之作用。K. V. Rümker氏與W. Schneidewind氏言，鈉鹽對土壤溶鹽之滲透壓之影響及與鈉相聯結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，其增加之甜菜根產量亦不可靠。鉀質聯合公司(Kalisyndikat)在1919—1921年曾以含食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。此蓋根據Müller-Waghausel氏之研究而言者也。

智利硝石含碘質，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：不含碘之硝酸鈉功用與智利硝石同。M. Kramer氏研究所得結果與之相同。在八次試驗中，僅有一次，智利硝石之効力較硝酸鈉為佳，又一次兩者相似，其他六次硝酸鈉較智利硝石略勝。

甜菜雖係一喜吸用硝酸鹽之植物，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。因若逢旱年，石灰氮素之効，失之過緩。鹽酸銨價廉，故可用，但用時須注意土中是否富於石灰。Schulz 氏與 H. Wiessmann 氏曾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最經濟。智利硝與硝酸鈉結果相似，施用硝酸鈉尤其關洛那硝，較不經濟。

施用於甜菜之肥料，應以一部為基肥。土壤成份，雨量能分配，與氮素狀態愈能避免流失者，則用作基肥之肥料量應愈多。混合氮素肥料亦可用作追肥。人工肥料之易溶解部份能促速幼小甜菜之發育。人工肥料之難於溶解部份供給甜菜長時期，尤其係夏季需肥最多時之需要。以硝酸鹽為追肥，其故有二：促助幼小甜菜之發育，以後所施之硝酸鹽，可避免甜菜於需肥最多時缺乏氮素之危險。有機肥料分解緩慢，初可輔助人工氮素肥料之任務，後可供給甜菜以氮素。至秋季，人工肥料消耗殆盡之時，吾人不可施過多之氮肥，而使甜菜積聚過多有害之氮素，使糖變為糖蜜，減少糖之產量。Th. Remy 氏曾作有關此事之研究。渠在八個不同地點作試驗。每處於施予大量磷鉀肥料之後，再施有機質肥料，或為綠肥，或為每市畝3300—4000市斤之廐肥，最終每市畝又補施0.5, 3, 10, 6與16市斤氮素肥料（洛那硝）。每一試驗重複五次。在七次情形中，甜菜中有害氮素之含量增加如下：

1. 補施 5.3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0.13。
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曾有增加，但甜菜之糖量減少0.7%，甜菜汁之純度減少1.3%，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曾有增加，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0.13。每市畝補施5.3市斤氮素者，七個試驗中有五個試驗之甜菜收穫量曾有增加，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，吾人每市畝僅可補施3.3至多10.6市斤氮素。

Th. Remy 氏之研究證明：1. 氮素肥料施用愈多，葉之產量較甜菜之產量，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13市斤氮素。

第三目 飼料藜菜 (Runkelrube) 之施肥法

飼料藜菜之肥料以廐肥與綠肥為最重要。施用氮肥時，吾人須知飼料藜菜利用氮肥之性能不如甜菜，故須多施。W. Schneidewind氏發現飼料藜菜較甜菜尤喜硝酸鹽肥料。P. Wagner氏示施用氮肥愈多，飼料甜菜產量愈增，其乾物質之量愈減。

施予飼料藜菜以磷肥之方法，一如甜菜。

施用鉀肥時，吾人可注意者，飼料藜菜頗喜鈉素。施以食鹽，常能增加其產量。故吾人可用鉀瀉鹽為鉀肥。但勿常用，恐其破壞土壤之物理性質也。

飼料藜菜亦喜石灰，頗似甜菜。但其產量隨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

豆科作物與集細菌營共生作用，能利用空中氮氣。但此種作用須俟細菌生長至相當程度後始能有之，故豆科作物在發育之初期亦自土中吸收氮素。豆科作物能利用空中氮素，常有人討論其對氮肥之需要問題。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，須於其前作施用大量廐肥，如使羽扇豆與舍拿得拿生長良好，雖不施之以廐肥，亦須栽培之於洋薯之後，尤其係以留種用者為然。其結果之所以常佳者，係因種其前作洋薯時曾施有廐肥。在上述之情形中，豆科作物非倚廐肥中氮素之助，而係得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。在黏重土壤，此種作用最為顯著，其所含之氮素之功用猶在其次也。

1. 氮肥。蠶豆生長所須之條件甚多，人工氮肥對之亦有益處，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

始供給其氮素，故在此時期之前，吾人應以易於溶解之人工氮肥施予之，以使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。其施用量視土壤之含量與肥料之施否而定。每市畝330市斤籽實與530市斤藁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。

3. 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330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.....	1.3	2.7	10.6	2.7
磷酸.....	30.4	0.7	2.7	0.7

豌豆對肥料之反應不及蠶豆，如須長久貯存之豌豆不可用糞肥，以使其生長健康，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市斤磷酸即可，鉀肥之施用量視土壤含量之不同而定，以德國普通情形言，每市畝施用10.7市斤即可，豌豆之適宜土壤反應為：

據	C. Arrhenius	L. Hiltner	M. T énel
豌豆.....	5.5—1.4	6—7	6—7

第三目 羽扇豆之施肥法

栽培羽扁豆罕以收穫為目的，鉀肥對於羽扁豆最為重要。多施鉀肥，羽扁豆發育旺盛，則其所收集之氮素亦多，德人普通多不以氮肥與磷肥施於羽扁豆，而於每市畝施 130 市斤鉀礆鹽即足。羽扁豆之根分泌大量之二氧化碳，故其根之排洩物酸性甚強，能良好利用土壤中難於溶解之營養素，如羽扁豆與穀實作物混栽，則每市畝可施約 1.8 市斤之磷酸。

豆科作物多喜富於石灰之土壤，而以羽扁豆與舍拿得拿為外，黃羽扁豆尤不喜石灰，藍羽扁豆對石灰之靈敏性不如黃者，雖然如此，羽扁豆自土中吸取之石灰頗多。如土壤需要石灰，亦不可直接施於羽扁豆，如土壤富於石灰，則應多施磷肥，每市畝可施一百市斤除鉀礆鹽，鉀礆鹽之效，在此較濃厚之鉀鹽為佳。

舍拿得拿之施肥法與羽扁豆完全相同。

第四目 紫苜蓿與聖三葉草之施肥法

紫苜蓿與聖三葉草種於深厚壤土，其下土石灰含量充足者，生長最佳。地下水平面過高，對此類作物不宜。乾燥土壤前曾常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。

栽培紫苜蓿與聖三葉草，土壤必須有充足之腐植質與基肥，並應施以充份之石灰。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用。

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施。如遇鹽土，可亦再施石灰。如基土含石灰已甚富足，則可免之。

第五節 油菜之施肥法

油菜需要大量肥料，尤其係氮磷肥。每市畝 330 斤籽實與 930 莖桿抽取下列數量之營養素：

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

籽實 ..	11.9	5.6	3.2	1.3
葉草 ...	7.4	2.4	10.8	20.6
	19.3	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。以故油菜甚喜廐肥。油菜係需氮作物，幼小之時，吸氮最多，故應多施氮肥。其量應視所施廐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。如在秋季地力基強並仍甚溫暖之處，可減施氮肥於播種之前，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促助，反減低其籽實含油之量也。尤其係於含氮頗富之土上，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，5.3 市斤磷酸，與 513.3 市斤加里，則極為充足，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，則棉株各部自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	5.83	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	11.13	8.15	2.46

棉籽	930	31.08	12.61	11.63	2.51	5.47
花衣	220	1.55	0.45	2.10	0.86	0.36
共	2980	94.41	37.24	59.55	57.59	14.62
合每市畝市 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至少。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。

草棉之根留於土中，恆不收獲。吾人如以棉之籽實，花衣等所含之營養素與根部所含之營養素分開計算，則得以下之數目（公斤/公頃）：

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
籽實與花衣含：	32	13	13	3.3	5.7
莖葉與鈴壳含：	57	22	40	50	13.8
共	89	35	53	53.3	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
穀實作物	37	130	26	9	13
洋薯	59	198	97	23	29
甜菜	74	210	93	15	21
飼料 薯菜	103	465	209	32	31

如以棉自土中抽取之營養素量與穀實作物抽取者較，則棉抽取者至多。其所抽取之氮素與磷酸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，無法避免。吾人如能以棉葉犁於田中，或以之飼畜而得厩肥，則吾人可將棉株所含全部氮素九分之一，磷酸三份之一，加里三份之一，石灰三份之二還與土壤。吾人若能將棉莖犁於田中，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，所得棉餅如亦施於土，則幾將棉株所抽取之營養素之全部還與土壤矣。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之棉株成分四年之久，測定其吸收營養素之經過。所用品種為克來文大鈴。渠將棉之生育分為四期。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，在第一期後二十四至三十二日。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，在吐絮後九十至一百日。此四年分析之結果相若。茲將其任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	20.83	4.27	13.85
初開花	48.65	3.60	14.25
初吐絮	82.43	2.67	11.38
老熟株	172.35	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	5.35	2.86	16.07	20.00	7.86
初開花	4.28	2.16	12.40	15.05	5.40
初吐絮	4.03	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	34	37	43	35	33	38
初開花	82	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，在第二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。如用效緩之肥料為追肥時，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。丁漢臣氏在浙江棉場新浦分場，曾以各種綠肥施於脫字棉凡三年，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	153.46	±4.84
苜蓿	167.13	
蠶豆	160.21	
豌豆	157.64	
耕休閒	143.75	

各種綠肥中，以苜蓿施於棉田效果最佳，蠶豆，豌豆次之。紫雲英最劣，與冬耕休閒區之差，並不顯著。又棉田缺株百分率以蠶豆區最少，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（每畝壅桑葉1000斤，然後耙平，播種苜蓿）六種綠肥對後作百萬棉產量之影響。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 供給營養素，一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，可得最優之棉纖維。其棉纖維之整齊度減低，但成熟纖維則增加。若施用過多，則纖維重量與拉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，發育逾常，節多，葉深綠，成熟延遲且易患病害。故施用氮肥必須謹慎。施用適量氮肥者，除有其他益處外，尚有提早成熟之效。

選用肥料應以農家自有者為最重要，因其無須現金購買也，就棉田而言，棉餅最為合宜。孫逢吉氏引孫恩慶氏之言曰：我國棉麥兩熟之區，棉農多售其棉籽而購豆餅。蓋在該區，棉播種時，麥將成熟，不便施肥。麥既收穫，棉正須肥，然時值旱季，肥效甚緩，不久霖雨又至，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。據孫恩慶氏之意見：（一）棉餅係棉田之良好肥料。（二）麥田施肥與其用追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，則宜先令其酸酵。（四）一熟棉田，如早施棉餅，以同價論，其效至少與豆餅相等。

其他類似肥料如菜子餅，芝蔴餅，棉仁粉等，均可以用。

至於化學肥料，則無論氮態與硝酸鹽態者均可以用。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。每市畝可施之氮量可不必多於六斤。

施用硝酸鈉時，須注意流失之危險。於鹽鹼區之棉田，自然不能用硝酸鈉。

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，並將不施棉區之產量為100，以與他區之收穫量比較，得結果如下。

每英畝 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	吉撒七號 Giza 7	馬拉棉 Moorad	愛許蒙棉 Ashniouni	馬拉棉 Moorad	吉撒十二號 Giza 12
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%
100	110	118	107.5	117	113	117
200	116	126	115.0	128	122	126
800	119	134	117.0	130	135	146

從上表可見，棉之品種不同，其對肥料之反應亦有異。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，深達播種綫之下者，棉籽發芽最佳，產量亦最高。施於靠近棉籽一吋以內，有害於發芽。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 磷肥能節制枝葉生葉，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，渠在其試驗場中觀察得，棉枯萎病 (Cotton wilt) 猖獗時，他區俱受病害，獨施肥瀉鹽者，受害最淺，收穫量幾不受影響。有人謂棉之銹病實因缺乏鉀質所致，如棉田中發現此病，該田農人必曾忽略鉀肥。施鉀肥可防治之。有因施用鉀肥而增加收穫量者。但據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 棉喜中性反應之土壤。施用石灰時於酸土能增其產量。

第二目 亞麻之施肥法

亞麻之土宜 亞麻在濕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，其生長亦得良好。石灰土壤常使亞麻纖維易於脆折。最適宜者係質地不黏亦不粘，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量約為六市斤氮素，四市斤磷酸，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，吸收磷酸稍多。亞麻根部發展不盛，故需溶解性之營養素，以便吸收。

1. 廐肥 亞麻需均勻分佈於土壤中之易於吸收之營養素。否則，其纖維性質不均，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。廐肥常含雜草種子，亞麻頗畏雜草。廐肥含氮特富，使亞麻莖變粗大，纖維量減少，降雨之後，易於倒伏，柔弱易

病。如在早年，則土壤溶液濃度過高，種籽發芽不易。如有非施廐肥不可之理由，則須用十分腐熟之廐肥，秋間施下，施用量亦不可過多。

2. 其他天然肥料 堆肥較廐肥易於均勻撒施。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，且使其莖稈產量增加，纖維產量減少，如土壤肥沃，略施少量即可。氮肥以含氮者為上，不可用含硝酸鹽者。其施用量可於每市畝用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，而其緻密與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，施用量亦應愈多，施用磷灰土之量應四五倍於過磷酸石灰。

5. 鉀肥 亞鉀麻需鉀極多，因栽培之目的在得其莖也。氯化物對於纖維有良好作用，故在早春與輕土，雖鉀瀉鹽亦可用。W. Kleberger 氏之加里肥料試驗示鉀瀉鹽之效最佳。氯化氮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^eel 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，並使莖變粗長，纖維之長度與產量俱行增加。施用鉀瀉鹽時，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，且含磷酸與石灰，對於酸土尤為適宜。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

大麻喜疎鬆深厚之土壤，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，光澤失調，品質不佳。

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

麻莖與八十市斤籽實，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	3.8	5.6	14.5

Heuser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	莖 稈	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
大麻	130	800	18.3	3.9	7.6
黑麥	280	670	8.4	4.3	7.5
洋薯	250個塊莖	—	12.8	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。氮肥雖為重要，但若施用過多，徒茂枝葉，減低纖維之品質。磷酸促速大麻成熟，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。普通土壤含鉀頗富，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須注意下列數事：（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）植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，如是酸性，必須施以石灰，而後其他肥料之效力，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。既得大量秣草，以之飼畜，後得大量之糞肥，以之施於根莖作物，如飼料蕓菜等。既得飼料作物，以飼家畜，最後所得之糞肥，以之施於牧草地，此策之最上者也。歐西學者常提倡之。糞肥與堆肥能協助土壤微生物之繁殖，足令吾人注意。

厩肥滲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，助長雜草，蕞之植物(Ammoniakpflanzen)，如草地繖形花(Wiese k. erbel, Kälberkropf)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，蜂蜜草(Honiggras)其一例也。需要肥料改良之牧草地，如於開始之時，即有甚多蜂蜜草，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，妥善之管理，與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，則僅可完全犁翻，重新培植之。

牧草地如多含豆科作物，少含禾草，則施用氮肥，恆為無利。

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，則一部氮素為二葉草所吸收，氮肥效力亦形減遜。如早施氮肥於含三葉草甚多之牧草地，則禾草與雜草生長過旺，壓制三葉草之繁殖。結果，秣草之總收穫量並不增加。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，並甚柔順，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，且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1.3 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與加里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。磷肥對於家畜骨骼之生成，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，擇較經濟者即可。濃厚之鉀鹽宜於理率性質不良之土壤與運輸不便之地點。

3. 石灰對於土壤生力甚為重要，並係家畜骨骼之主要組成物。土壤缺乏石灰，則所生之牧草亦貧於石灰。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異其弊害。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營養素，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，家畜常不喜喫，故應刈去，而後放牧。如施於夏季，則無此弊，且可促助細菌之繁殖，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 曾受城市廢藥水之灌溉，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，可用氮肥促速之。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，既無毒性，又不影響土壤反應。牧場之草，經施尿素，家畜常特喜喫之。

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視於水，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公升牛乳或增加家畜重六公擔，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公升牛乳舍.....	30.00	9.50	8.00	9.00
2. 體重六公擔之家畜舍...	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，禾草最多。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層較少。普通每市畝每年為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，如土性良好，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。如能與堆肥混合施用最佳。Falks氏主張每市畝牧場於每隔三四年可施100—180市斤生石灰。碳酸石灰對牧草地及牧場最為適宜。但欲中和酸性，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，其自土中抽取去之營養素數量有如下表：

甘蔗品種	N(磅)	P ₂ O ₅ (磅)	K ₂ O(磅)
100 POJ	50	63	221
247 B	69	60	224
Black cherbon	55	49	213

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)。其吸取量則以矽鉀為最多，氮，磷次之，鈣鎂又次之。P. Botert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，鉀多存於梢端，鎂則分布於全

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，北美，南美，臺灣，埃及等地之甘蔗多產於沖積土。凡土層較厚，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，產於土層較厚，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，增其產量，但施用過多，則蔗中糖量及純潔度均行減低，蔗多柔弱彎曲。Holm氏在Louisiana曾試菜餅，廢血，兩有機氮肥與硫酸銨，硝酸鈣，及石灰氮素三化學肥料對甘蔗之作用。結果施各種氮肥者，甘蔗產量均增，品質以施有機氮肥者為最佳。施無機肥者，蔗汁中蔗糖含量及純潔度均減低。例如，每英畝施800斤硫酸銨者，蔗汁中蔗糖含量平均減0.27%，純潔度減0.89%。施石灰氮素者，甘蔗品質減遜愈甚。孫義氏於民國二十八年於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，而純潔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 磷肥能促速成熟。如土中缺磷，甘蔗生長緩慢。蔗糖含量減低，節間縮短，分蘖大為減少。葉面亦減少。在夏威夷，如蔗田土壤含溶於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 Ereptase 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，純潔度低減，品質大遜。鉀肥能增強甘蔗之組織，增加糖量與蔗汁純潔度，並減低其酸度。在夏威夷，如土中溶於1%檸檬酸之 K_2O 低於0.04—0.06%，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氏曾作沙耕試驗，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

菸草需肥甚多，如以菸草每公頃產10.50公擔（合每市畝產140市斤）菸葉之中常產量計算，則其地上部份自土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	230	72	79	10	58
莖	93	40	18	13	40
共	364	107	100	24	98
合每市畝之市斤數	48.5	14.3	13.3	3.2	12.4

一中常產量之洋薯與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	28	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，飼料薯菜則略較多。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%。其所消耗之磷酸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絕對數量而言。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：				
碳 水 化 合 物	尼 古 丁	總 氮 量	蛋 白 質	

沙土。俄國Alaschkewo試驗場。Nord karlina 品種。.....	36.3	0.9	1.4	6.3
林土。俄國Jaly試驗場(Dudek)品種。	21.3	0.8	1.9	7.8
林土。俄國Pigitowo試驗場。Arkadia 品種。.....	19.7	1.7	2.4	—
林土。俄國Suchum 試驗場 Samsum 品種。.....	12.7	3.4	2.7	11.0
黑土。俄國Krasnodar試驗場。Trap- esuni 品種.....	6.7	2.9	3.7	12.2

栽培雪茄菸之品種所需之土壤，應較栽培菸捲菸之品種所需之土壤為肥沃，緊粘，並富於腐植質。

菸葉含氮少，加里多者，其燃燒性甚佳。反之，其燃燒性劣。以故昔人嘗主張不可種菸草於甜菜，飼料藜菜，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，飼料藜菜，紅蘿蔔，洋薯或大麻等耗氮甚多之作物之後。

1. 菸苗之施肥法 菸草之種籽至少，且含大量油份與少量之營養素，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，上蓋闊葉，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長。經此處理，雜草種籽，不純菸種，病菌等全行消除。如無蒸鍋，可於每平方公尺施用一公升半波爾多溶液以殺病菌。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。此事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。如所施氮肥超過某種數量，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因之而增，並損及菸草之品質。關於此問題，Otryganjew 氏曾作一試驗。渠以不等量之氮肥施於沙土，並分析其所生菸葉之尼古丁與碳水化合物含量，得結果如下：

施 肥 量	乾葉重量	尼 古 丁	碳 水 化 合 物
無氮區	2.9	0.8	24.7
施 0.1公分氮素	9.9	0.55	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	2.48	5.5
施 5.0 公分氮素	31.7	2.84	5.0

由上表可見其施氮素至一公分，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。此種限隨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，吾人儘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。葉色黑綠，乾燥之後成暗棕色，且易罹病害。栽培咀嚼用或雪茄煙草，則可多施氮素。

化學氮肥中，硫酸銨，尿素，硝酸鈣，智利硝，均可以用。

8. 磷肥 菸草自土中抽取磷酸之量較少，故磷肥對於菸草不及氮與鉀之重要。Kissling 氏示各種農作物之收穫物所含之加里量，若當為十，其所含之磷酸則為：

菸草	1.6
甜菜	2.6
洋薯	8.5
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，恆獲利甚大。但又有許多學者以為菸草不需磷肥，磷肥過多，葉易破碎，其燃燒性亦減低，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，但亦能促速菸草之成熟」。D.N. Prjanischnikow 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。尚有人以為磷肥能促進菸草旁根之發展，對於根毛尤有益處。如遇旱年，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 菸草係需鉀特般之作物。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。茲示J. Nessler氏之分析結果如下：

	灰份 %	Cl %	K ₂ O %	N ₂ O %
燃燒較易之菸葉	21.2	0.29	4.4	0.02
燃燒較難之菸葉	27.0	1.57	1.6	0.04

Wagner 氏以為燃燒容易之菸草至少須含 5% 加里，燃燒良好者須含 8.7%。加里不但可增加產量，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，以不含氯者為最要，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 氏謂產生 60 市斤菸草乾物質需一市斤加里。每市畝可施 13—26 市斤 K₂O。如欲抵抗菸葉之病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吸用菸草具良好香味，馬糞宜於苗床。土耳其人常用羊糞為菸草之肥料。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，白與黃羽扁豆種於沙土，為菸草之前作。德人不用豆科作物為菸草之綠肥，但有用油菜與芥子者。

人糞尿含氮甚富。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，不宜於生長期甚短之菸草。英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。

我國與美國農民又常用油餅施於菸田。

6. 石灰 如土性過酸，則於移植前二至四星期施用石灰，使其反應達H6—7。在輕沙土可用礫砂，石灰，在重粘土可用生石灰。有人言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。菸葉至少含0.4% MgO。菸草上部之葉較下部含鎂為富。缺乏鎂素，菸葉呈病象。葉綠素之量開先減少，同化作用與其生成之澱粉量因之亦行低減。葉呈淡白色。此種現象開始於下部之葉，尤其係葉尖。缺鎂之徵象與缺鉀者不同，葉變柔脆，無斑點，常下垂。

第十節 蔬菜之施肥法

第一目 通論

普通農作物對營養素之需求及在冬發育期中吸收營養素之情形，多經研究，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國蔬菜。

蔬菜需肥甚多且速，可自其生長之速度中見之。茲據 Liesegang, H. Remy 與 E. Lierke 等氏研究得之結果，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收之營養素量 (公斤)			
	氮素	磷酸	加里	石灰
第一類				
蓮花白 (Weisskohl)	230	85	320	426
赤球甘藍 (Rotkohl)	300	85	345	510
皺葉甘藍 (Wirsing)	270	70	285	300
抱子甘藍 (Rosenkohl)	210	61	226	170
羽皮甘藍 (Grünkohl)	189	36	175	125
球莖甘藍 (Kohlrabi)	270	30	105	67
此類蔬菜平均自土中抽去	221	58	218	217

第 二 類				
菊牛蒡 (Schwarzwurzeln) ..	115	42	174	63
蕪菁甘藍(Kohlrüben).....	200	90	240	80
紅蘿蔔 (Karotten).....	155	60	215	35
洋葱頭 (Nwiebeln)	90	37	120	72
芹菜 (Sellerie).....	182	51	188	152
此類蔬菜平均自土中抽去	138.4	56	181.8	119
第 三 類				
矮性菜豆(Buschbohnen)	65	20	55	80
豌豆 (Erbsen)	80	25	80	56
此類蔬菜平均自土中抽去	72.5	22.5	67.5	68
早洋薯與蔓豆(Frühkartoffeln u, Stangenbohnen) ...	110	25	85	130
胡瓜(Gurken)	51	41	78	27
蕃茄(Tomaten).....	104	16	140	133
菠菜(秋收)(Spinat Herbstern- te)	95	40	195	27
菠菜(早春收)(Spinat Frühjah- rernte).....	75	36	105	29
結球萵苣(Kopfsalat).....	49	22	118	24
萵苣(Endivie)	89	22	196	46
食用大黃(Rhabarber).....	163	38	460	425

(參考 H. Liesegang: Land w. Th. 67, 668 (1928) • Th. Remy U. E. Lierke: Nährstoffbedürfnis der hauptsächl. ichsten gärtnerischen Kulturgewächse, Graph. Kunstanstalt Walter Schmidt Halle A. D. S. Mählweg 49.)

由上表可知蔬菜服用磷酸較少。但吾人栽培蔬菜萬不可忽略磷肥，因磷肥之被利用率至小也。

第一類係葉菜類。此類蔬菜生葉甚速且大，所需之營養素至多，故可施大量之腐肥，而補充之以化學肥料。在此種蔬菜園，每市畝可施5000—8000—1000市斤腐肥。土壤有因種植此類蔬菜，施大量肥料，易致病蟲害者，則可援用第二類蔬菜之施肥法。

第二類係根莖蔬菜。此類蔬菜不可按前法施肥，而應較少，因其害蟲繁多也。

第三類係豆類蔬菜。

第四類之蔬菜無一致適宜之施肥法，而應分別按各蔬菜之個別需肥情況，施用肥料。

栽培蔬菜，腐植質肥料最為重要。在歐西各國，厩肥係蔬菜園之基礎肥料。厩肥不足，應以綠肥與堆肥補之。在輕沙質之壤土，可用牛糞。在粘重之冷土，可用馬糞。在壤土可混合牛馬糞而用之。如種喜熱之作物，如胡瓜，則亦可用馬糞。歐西農民忌用厩肥漏液或厩舍流出之尿，施於蔬菜。此物固可促助蔬菜生長迅速，但不可多用，否則有損蔬菜之香氣與滋味。曾經施用漏液與尿之蔬菜，養時發生惡臭，且發育肥大，不耐久存。冬季蔬菜，常因漏液與尿之施予，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，有待改良之事也。

一切蔬菜均喜中性反應之土壤。經營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。按德國情形言，早時蔬菜種於四月中旬，六十七日後每市畝可得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。

結球葉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，無需長久保存，故可多施氮肥。晚熟種恆以保存，必須以充份之磷鉀肥輔佐大量之氮肥。雷爾那磷肥最宜於蔬菜。赤球甘藍醬加里特切。

花椰菜 (Blumenkohl) 之施肥法亦屬此類。

2. 根莖蔬菜類 栽培紅蘿蔔，不能用大量腐肥，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，有缺乏營養素之患。

洋葱頭可種於穀實作物之後。洋葱頭所吸用之營養素不多，但欲得大量收穫物，非施大量肥料不可，不可施用過多廐肥，原因一如紅蘿蔔，且廐肥練熟土壤過甚，而洋葱頭則喜較為堅實之土壤。施用大量磷鉀肥可促其成熟，並增進其保存性。化學氮肥以硝酸鹽與洛那硝較佳。硫酸銨亦可以用。洋葱頭最惡酸性之土壤。

芹菜需肥沃之土壤。充份腐熟之，廐肥可於秋季施下，冬季亦可施用畜尿。新鮮廐肥常使芹菜得銹病並變空心。芹菜之化學肥料應於種植前三四星期施下。芹菜需要一切營養素，尤其係加里。如缺加里與磷酸，則其質不良。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，根瘤尚未長成，宜略施氮肥，每市畝施一二斤氮素便可，豆科作物吸收加里與磷酸之時力特強，但磷鉀肥仍應多施，因其需要量至大也。豆科作物不能耐酸性土壤，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8000—13000市斤廐肥。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。番茄需磷最少。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擇，選擇適宜之種植期，剪枝與施肥。

石刁柏 (Spargel) 喜溫暖多陽光之地點與輕鬆易通水之土壤，但不可過乾。在粘土亦能生長，惟收穫不豐。若以廐肥，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，吾人現尚不能知。土壤酸性增加，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，第一年每市畝可施4000—5300市斤廐肥，並應深犁於土中，兩星期後，石刁柏之根即密佈於廐肥之上。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，其效速，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。

Lipschütz 氏建議每三年應施廐肥一次，每三年至四年應施石灰一次。粘土施260—320市斤生石灰，沙土施320—420市斤碳酸石灰。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，130市斤鉀瀉鹽或45市斤40%鉀鹽，40市斤磷酸石灰(18%)，與50市斤湯馬斯磷肥。Lipschütz 氏言硫酸銨較硝酸鈉為佳，並可一次施下，生成大量並早熟之收穫物。硝酸鈉可於熱雨之後施用，但其效不可靠。湯馬斯磷肥宜輕土，過磷酸石灰宜良土。石刁柏喜易於溶解之磷酸，故在沙土此二種磷肥可以並用。湯馬斯磷肥與鉀可施於秋季，過磷酸石灰與氮肥可於六月石刁柏收穫後施下。

Th. Remy 氏與 F. Weiske 氏謂石刁柏對於氮，磷，鉀，石灰之需求，年大一年，至第五年達其最高峯。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。

如土壤所含之營養素，與所施廐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	洛那硝
30市斤	40%鉀鹽
65市斤	過磷酸石灰

與足以維持土壤中中性反應之石灰。

以後每年每市畝之施肥量可按下表：

	洛那硝 (市斤)	40%鉀鹽(市斤)	過磷酸石灰(市斤)
第二年早春	45	40	86
第三年收穫後	60	50	100
第四年	70	60	120
第五年至第十年，每 年第十至停止種植 之年所施肥前略少	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糾正也。

第十一節 各種輪栽制之施肥法舉例

施肥須與輪栽相配合，前已述其原因矣(參考本章第一節第五目)。茲

述德國各學者所設計之各種輪栽制之施肥法數種以爲例，藉明其原理。所用單位皆已變爲市斤/市畝。

第一目 肥土與重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 I_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2670—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—5.8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5.8市斤N爲追肥。

(6) 三葉草：不施肥料。

(7) 牧場：不施肥料。

說明：小麥生於肥土並會施廐肥，故於秋季僅施少量鉀瀉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，用量若干，悉視冬季中小麥生長之情形而定。所用氮肥應爲效速之硝酸鹽。

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。氮肥則以銨氮，硝酸氮與石灰氮素爲適。後者應在播種前十餘日施下，耙入土中。如分析土壤所得之結果示土中所含磷鉀人不充分，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。施於後者之鉀肥，形態不拘（鉀瀉鹽，鉀鹽等）。洋薯對氮反應不佳，絕不可用鉀瀉鹽，而以硫酸鉀鎂與硫酸鉀爲最良。洋薯之氮肥以銨肥爲上，但不可用鹽酸銨。在種植前或種植後迅即施下。甜菜喜硝酸鹽氮，亦可用硝酸鹽氮與銨氮並含之肥料施予之。氮肥可於播前數日施下，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，其後數次恆於中耕之前施下。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，則恆補施以磷肥。

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。氮肥，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爾那磷肥為上。最初可施氮肥或硝酸鹽為追肥。氮肥兼含氮與硝酸鹽者（如洛那爾）亦可以用。

三葉草與牧草不直接施予肥料，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。在此情形，廐肥不可施於三葉草之割株中，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) 油菜於曾經施用肥料之憩田中：播種之前，施10.5市斤 K_2O 與4.6—5.3市斤 P_2O_5 。早春視生長之情形酌施5.3—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—5.3市斤N。

(3) 燕麥：於播種前以5.3—8.0市斤N作一次施下，或先施 $2/3$ ，而以其餘為追肥。

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

(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：廐肥。

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大量廐肥之田中，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。

小麥有施肥甚多並在憩田中栽培之油菜為其前作，故施少量之加里，磷酸與氮肥，即足以應其需要。後者可於早春用作追肥施下。如不懼銹病，最

好用硝酸鹽。其施用量視小麥生長情形之如何酌定之。

燕麥僅施氮肥。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。

燕麥與三葉草混栽時可施豐富之磷鉀肥，其量須足以應三葉草之需要。在此，磷肥以湯馬斯磷肥，鉀肥以鉀瀉鹽為上，雷爾那磷肥，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。

蕪田施以2670市斤廐肥。

第三例 輪栽次序：洋薯，小麥，甜菜，大麥。設計者：W. Schneidewind氏。

(1) 洋薯：2700市斤良好之廐肥。

(2) 小麥：秋季播種時施5.3—8.0市斤 K_2O （土壤含鉀已富，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市斤廐肥，10.6市斤 K_2O ，4.6—5.8市斤 P_2O_5 ，視廐肥性質之良否，施5.3—8.0市斤N。

(4) 大麥：6.7—8.0市斤 K_2O ，4.6—5.3市斤 P_2O_5 與1.3—2.6市斤N。

說明：在耕作良好之肥土中，2700市斤品質良好之廐肥已足應洋薯之需要。

小麥需加里頗多，其吸收加里之能力不強，故雖繼於曾經施用廐肥之洋薯後，仍需施以鉀肥。小麥之需磷量較少，故可少施磷肥。其氮肥可用氮肥或石灰氮素，於秋間施下，因早春施用硝酸鹽易致倒伏之危並性質劣化之弊也。

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，但其吸用土壤磷酸之力甚弱，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，同時其吸用土中加里之能力又不強也。氮肥不可多施，不然將損其品質。石灰可於洋薯收穫後施下，耙入土中，亦可施於小麥與大麥之割株中。

第二目 中常土壤（壤質沙土與沙質壤土）之輪栽制之施肥法

第一例。輪栽次序：黑麥，飼料蕎麥，燕麥，混栽之飼料作物，各大麥以羽扁豆為割株作物，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 5.3 市斤 N。

(2) 飼料鬻菜：2700—4000 市斤糞肥。後視糞肥之施用量施 6.7—8.0 市斤 K_2O ，4.0—5.3 市斤 P_2O_5 。

(3) 燕麥：5.3 市斤 N。

(4) 混栽之飼料作物：3.3—4.0 市斤 P_2O_5 ，5.3—8.0 市斤 K_2O 與 2.7 市斤 N。

(5) 冬大麥以羽扁豆為割株作物：秋間播種前施 8.0—10.6 市斤 K_2O ，5.3—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株中，或洋薯收穫之後，並迅即耙入土中。羽扁豆惡石灰，故施用石灰距栽培羽扁豆之時期愈遠愈佳。

說明：栽培黑麥，須施磷肥，因栽培其前作馬鈴薯時，綠肥之外，未施其他肥料。在此，鉀瀉鹽與其他鹽均可用。在較粘之土可用過磷酸石灰為磷肥，在沙土，應用湯馬斯磷肥。

施於飼料作物之鉀肥可用鉀瀉鹽，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糞肥之質與施用量相配合。

施於穀類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，為使其割株作物羽扁豆亦能得充分之營養故，應施大量鉀肥（鉀瀉鹽）及磷肥（過磷酸石灰）。早春可施少量硫酸銨或洛那硝為氮肥。

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 6.7 市斤 K_2O ，5.3—6.7 市斤 P_2O_5 。早春施 4.0 市斤 N。

(2) 甜菜：2700—400 市斤糞肥，8.0—10.6 市斤 K_2O ，8.0—6.3 市斤 P_2O_5 與 6.7—8.0 市斤 N，視糞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，9.3 市斤 N。

(4) 三葉草：不施任何肥料。

如土壤需石灰，可施於小麥收穫之後。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，應施中量之鉀瀉鹽與湯馬斯磷肥為磷鉀肥。因有三葉草為其前作，故此時僅施中量之氮肥。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廐肥之量與質而定。

燕麥係與三葉草混栽，故須多施鉀瀉鹽與湯馬斯磷肥為鉀磷肥。氮肥形態可以不拘（硫酸銨，洛那硝，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，而為三葉草與禾本科牧草之混作，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 輕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扁豆。

(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—5.3市斤 P_2O_5 。早春施4.0—5.3市斤N，可分二次施下。

(2) 洋薯：施綠肥又1100—1300市斤廐肥。此外，再施5.3—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5.3市斤N，分二次施下。或

(3b) 收穫籽為目的之羽扁豆：施 P_2O_5 與 K_2O 各4.0—5.3市斤。

說明：黑麥因與舍拿得拿混栽之故，施完全肥料。冬間播種前可施鉀瀉鹽與湯馬斯磷肥為磷鉀肥料，而氮肥則於早春用洛那硝施下，後者硝酸鹽氮與氨氮並含之。

栽培洋薯，綠肥施後，可再施少量廐肥，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硝為上。如不栽培黑麥而栽培收穫籽為目的之羽扁豆，則施以鉀瀉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—5.3市斤 P_2O_5 ，與1.3—2.

6市斤N。早春施2.6-4.0市斤N。

(2) 栽培洋薯：施用綠肥。如綠肥質量俱佳，可施16.0市斤 K_2O 與8.0市斤 P_2O_5 。如綠肥質量中常，施1700-2000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2.7-4.0市斤N。

(3) 黑麥於秋間播種前施4.0-5.3市斤 P_2O_5 。早春施4.0-5.3市斤N，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瀉鹽與湯馬斯磷肥為上。栽培洋薯則非用高濃度之鉀鹽不可。施用硝酸鹽於沙土，須非常謹慎，在沙土，洛那硝較純粹硝酸鹽為優。施畢綠肥，再施化學肥料，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，均應隨地而異，不能作為標準，資參考而已。我國農業情形與德國大異。惜國人作此種研究者極少。現特舉德國之材料如上，供國人研究其原理而已。

附錄一 重要參考文獻

中文

1. 王日倫：雲南磷礦之成因及時代。地質論評6,1-2(民80)
2. 王世中譯：土壤學之新發展。正中(民34)
3. 王世中，趙峻田合譯：土壤微生物學講義。青年書店(民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(民24-29)
5. 包伯度：福建省農作肥料需要情形。福建農業7,8-9(民31)
6. 宋海帆：皖，贛，湘，鄂農田施肥調查記。農報3,17(民30)
7. 宋海帆：中農混合指示劑之研究經過。農報7,28-33(民31)
8. 利查遜：四川之土壤與農業。中央農業實驗所(民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，農林部廣西省推廣繁殖站，農林部中央農業實驗所聯辦辦公室。(民32)
11. 原頌周：中國化學肥料問題。農報4,2(民28)
12. 陳方濟：幾種油餅在土壤中之氮及硝化化狀況。中華農學會會報16⁷(民32)
13. 陳方濟：中國肥料問題。中華農學會會報75-76(民19)
14. 陳方濟，厲熙琴：肥料試驗報告。國立中央大學農業叢刊1,2(23)
15. 陳恩鳳譯：土壤及其成因。土壤季刊 1,1-2(民29)
16. 陳華癸：陝西省關中區夏季豆類綠肥作物調查報告。農報7,10-15(民11)
17. 陳華癸：湘桂黔三省冬作綠肥調查報告。7,22-27(民31)
18. 梁逸飛，馮範球，孔憲成：水稻石灰施用量比較試驗。廣西第二區農場民國二十九年度工作報告書
19. 孫逢吉：棉作學講義。浙大油印本。
20. 孫 義：四川內江蔗產量及品質與土壤肥料之關係。土壤季刊3,1-2(民32)
21. 徐天錫，張國材，李鐘衡：冬季綠肥作物與小麥等作物影響水稻產量之研

- 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1.3 (民32)
24. 張乃鳳: 化學肥料在中國之回憶與前瞻。 西南實業通訊5.4 (民31)
25. 張乃鳳: 地力之測定。 土壤季刊2.1 (民30)
26. 彭家元: 肥料學。 商務 (民24)
27. 彭家元, 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. 彭家元, 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. 彭家元, 陳禹平, 林伯勳: 施用硫酸氮及有機質肥料對於稻米品質及土壤性質之影響。 土壤季刊1.3 (民30)
30. 黃瑞綸, 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. 應廉耕, 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43年) |
| 7. 永井威三郎: | 日本稻作講義 | | (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) |

西 文

1. Albrecht, W. A.: Mo. Agr. Exp. Sta. Bul. 258 (1927).
2. Arbeiten über Kaldüngung: Die Wissenschaftliche Abteilung des deutschen Kalisyndikats, Reihe I u. II. (1931-1935).
3. Bally, W.: The employment of green manures in rice Growing. 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 Getreidbaus, 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 Lein (1928).
12. Gardner, F. D.: Nolte F. C. and Baker, P. S.: Thirtyfive Years Results with Fertilizers. Pa. Agr. Exp. Sta. Bull. No. 146.
13. Gaerlings, 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, E.: Lehrbuch der Agrikulturchemie I Berlin (1927).
17. Heinrich, R. u. Nolte, O.: Dünger u. Düngen, 8 Aufl., Berlin (1922).
18. Heuser, O.: Hanf und Hanffasern, Berlin (1927).

19. Hoffer, G. N. : Journ. Am. Soc Agr. 18, 29 (1926).
20. Hencamp, F. : Handbuch der Pflanzenernährung u. Düngerlehre, I u. II, Berlin (1931).
21. Hutchinson, H. B. and Richards, E. H. : Journ. Ministry Agr. 28 (1921).
22. International Institute of Agriculture : International Yearbook of Agricultural Statistics, Rome (1929).
23. Jacob, A. : Der Einfluss der Kalidüngung auf das Hektolitergewicht von Getreide, Zeitschr. f. Pflanzenernährung-Düngung u. Bodenkunde, Teil B. Nr. 2 (1929).
24. Jacob, A. : Der Einfluss der Düngung auf die Qualität der Ernte, Ernährung d. Pflanze, 26, 13 (1930).
25. Jacob and Coyle : The Use of Fertilizers in Tropical and Subtropical Agriculture, London (1931).
26. Johnson, W. H. : Cotton (1926).
27. Kappen, H. : Die Bodenazidität, Berlin (1929).
28. Kissling, R. : Handbuch der Tabakkunde, des Tabakbaues u. der Tabakfabrikation, Berlin (1925).
29. Kleberger, W. : Grundzüge der Pflanzenernährungslehre und Düngerlehre, II, Hannover (1914-1928).
30. Kriche, P. : Das Kali, Stuttgart (1932).
31. Liu, Y. L. (劉伊農) : Zur Photometrischen Bestimmung von Alkali und Erdalkalimetallen, Dissertation, Friedrich Wilhelm Universität in Berlin (1938).
32. Lammermann, O. u. Fresenius, L. : Zeitschr. Pflanzenern., Düngg. u. Bodenkunde, A. 2, 363 (1923); B. 6, 163 (1927); A. 15, 249 (1929).
33. Lundegardh, H. : Die Nährstoffaufnahme der Pflanzen, Jena (1932).
34. Lyon and Buckmann : 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 Lungerbedarfes des Bodens, Berlin (1930).
37. Niklas, H., Poschenrieder, H. and Trischler : Die Ernährung der Pflanze, 26, 97 (1930).
38. Nolte, O. : Dungefibel, Arbeiten der deutschen Landw. Gesellschaft, Nu. 7. Berlin (1929).
39. Nostitz, A. u. J. Weigert : Die Künstliche Düngemittel, Stuttgart (1928).
40. Ost, H. u. Rassow, B. : Lehrbuch der Chemischen Technologie (1939).
41. Otryganjew : Die Düngung des Zigarrentabaks (1925).
42. Pieters, A. J. : Green Manuring, New York (1927).
43. Prjanischnikow, 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 (1933).
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 (1933).
48. Schmalzfuss, K. : Das Kalium, Freising-München (1936).
49. Schneidewind, W. : Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 6. Aufl. Berlin (1928).
50. Stewart, R. : The Mitscherlich, Weissmann and Neubauer Methods of determining the nutrient contents of soils, Tech. Comm. No. 25. The Imp. Bur. of Soil Sci London.

- (1932).
51. Tobler, E. : Der Flach: als Faser- und ölpflanze, Berlin (1928.)
52. Virtanen, A. T. and Laine, T. : Investigation on the root nodule bacteria of leguminous plants VII. The excretion products of root nodules. The mechanism of nitrogen fixation, Biochem. Jour. 33, 412-427 (1939).
53. Van Slyke and Lucius L. : Fertilizers and Crops (1927).
54. Wagner, W. : Die chinesische Landwirtschaft, Berlin (1926).
55. Waksman, 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3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公擔 = 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 = 10方鎊	合40.468公畝

1擔 = 112磅	合50.8024公斤
-----------	------------

丙、日本制

	合 標 準 制
丈 = 10尺 = 100寸	合3.030公尺
1段 = 10畝	合9.917公畝
1石 = 10斗	合1.8039公石
1貫 = 6.25斤 = 1000匁	合3.75公斤

勘 誤 表

類別	頁碼	行數	誤	正	
目錄	1	7	Humus dünger	Humusdünger	
		21	糞肥	糞肥	
		22	Kompost dünger	Kompostdünger	
序言	2	27	芥菜	蔞菜	
		1	kaligüngung	Kalidüngung	
		25	Zeitvchri.	Zeitschri.	
正文	2	29	第九字不清	農	
		6	Liebig	Liebig	
		31	產桐之糞	產桐之區	
		6	Düngemittel	Düngemitteln	
		7	ttel	tteln	
			Düngemittel	Düngemitteln	
		12	Bodenhinger	Bodendinger	
		末	生理的性	生理的酸性	
		5	3	培養中之	培養基中之
		6	1	Humus dünger	Humusdünger
			16	Bodendünger	Bodendünger
		7	4	視經濟情	視當地情
		10	13	Marfin	Martin
		12	5	茶葉	甜菜
		16	10	fersaat	tersaat
		21	9	則恆需之	則恆施之
		26	4	設法 其	設法使其
		27	5	35°C, 450 ² g	35°C., 45°C.
			17	造 廢	造成廢
		-	21	第一字不清	1.2
		29	末 9	強 之	強盛之
		31	末	但 次	但每次
		32	末 8	粹	碎
	末 5	粹	碎		
33	4	NH ₃	NH ₄		
	5	可氮以用	可以用		
	6	素之上	氮素之上		
	表	K ₂ O ₁	K ₂ O		
34	末 3	堆積二堆	堆積堆		
35	末	雜 種籽	雜草種籽		
42	末		應與上行排齊		
44	3	(OH) ₂	(OH) ₂		
	4	(OH) ₂ +2H ₂ CN ₂	(OH) ₂ +2H ₂ CN ₂		
	9	末字	須		
45	13	邑村	邑村		
46	4	FePO ₄	FePO ₄		
	9	3M ₂ SO ₄	3H ₂ SO ₄		

類別	頁碼	行數	誤	正
	46	10	4N ₃ PO ₄	4H ₃ PO ₄
		15	st	ist
		末5	a	Na
	47	3	Knoch nmehl	Knochenmehl
		5	其氣與 以並硫	其氮與 以硫
		10	Glas phosphato	Glassphosphate
		12	3Ca(PO ₃) ₂	→3Ca(PO ₄) ₂
	48	1	K ₂ S	K ₂ SO ₄
		2	O ₄ (第一字)	刪去
		12	CaSO ₄	CaSO ₄ ·2H ₂ O
		末9	tu 與 A	t 與 A
		末5	Ammo-Phos	Ammophos
	49	4	Kallium nitrat	Kaliumnitrat
	55	16	Ka ₁	Kali
	56	末3	Woharn	Wohurn
	57	末	量亦少	量宜少
	58	末7	Nitropho ka	Nitrophoska
	59	末13	Nad rling	Naderling
		末3	Not e	Notte
	60	2	料蔬菜	料甜菜
		末13	籽實	塊莖
		末12	籽實	刪去
		末11	蔬菜	甜菜
	62	6	第一 施	第一次施
	64	9	f ₁	w
		末8	增加。	增加
	65	5	等。效	等。其效
		9	養	較
	67	末9	營養來	營養素
	68	末	灰	灰
	70	末14	產生	產生
		末6	不能加	不能不加
	71	表頭	P ₂ O ₅ , K ₂ O	P ₂ O ₅ , K ₂ O
	75	表頭	由根量產生	由根部產生
		末	腐 質	腐植質
	77	5	kel	KCl
		8	SA	S _A
	78	末9	效率愈	效值愈
	79	末11	Bevl	Berl
		末	p ₂ O ₅ , k ₂ O	P ₂ O ₅ , K ₂ O
	80	1, 2, 3	P ₂ O ₅ , k ₂ O	P ₂ O ₅ , K ₂ O
		12	Azotobakfer	Azotobakter
		末10	N 麥 500	N/500
	82	9	立玄武	玄武
		11	至於士	至於壤

類別	頁碼	行數	誤	正
	82	12	壤	土
		末 5	可以施	可以晚施
	85	末 7	畧	當
	87	3	盛, 植	盛, 移植
		20, 21	Asragalusnicus	Astragalussnicus
		末	氮	氮
	92	末 8, 7	Statan	Station
	97	末 13	性	性
	99	11	結茂桿葉 少	徒茂桿葉減少
	101	末	-7.8, 7-	7-7.8, 7-8
	102	9	之早期	之早期
	104	末 11	5.	5.6
	105	2	Pethus,	Petkus
			驗完全,	驗, 完全
			硫銨	硫酸銨
		末 11	穀作 如以以	穀實作 如以
		末 4	根作	根莖作
106		3	必 於	必種於
		6	Dörrfleckenkrankheit	Dörrfleckenkrankheit
		末 6	使, 其	使其
108		末 2	種 肥	種廩肥
109		末	Nolds	Nolte
110		11	收肥 4000	收穫 4000
111		25	畝上中	畝土中
112		1, 3	蔬菜	甜菜
114		17	之估, ,	之估計,
115		16	鈉 聯	鈉鹽聯
		20	石上濃	石與濃
116		6	雨量態分	雨量及其分
		23-28		應齊邊排
117	5, 6, 9, 10, 13		萎	萎
		16	集細	集氮細
118		末 4	豌豆	豌豆
		末 2	豌豆 (以下碼字不清)	豌豆 5.5-6.4 6-7 6-7
120		15	513.3	13.3
121		9	(公斤 1 公頃)	(公斤/公頃)
122		3	中 棉	中之棉
123		末 7	成熟	成熟
124		8	醱酵	醱酵
		末 6	Ashniouni	Ashmouni
		末	對棉料	對肥料
125		7	枝葉生	枝莖生
		11	施肥瀉	施鉀瀉
		14	事團體	事團體
126		15	亞鉀麻	亞麻
127		末 6	澆土壤,	澆土壤

類別	頁碼	行數	誤	正
	127	末	令吾人	使吾人
	128	2, 3	k- erbel	kerbel
		12	三葉。	三葉草
		13	二葉草	三葉草
		末 2	組成。	組成物。
	129	16	多水豆	多生豆
		21	牧土	牧, 土
	131	12	平 減	平均減
		15	甘 之	甘蔗之
		21	Inver ass	Invertass
		22	度, 減	度, 並減
		26	有如上表	刪去
	138	2	karlina	karolina
		末 7	2. 舍肥	2. 氮肥
		末 2	水合	水化合
	134	11	種 限	種界限
	135	表頭	cl	Cl
		末 13	K ₂ O	K ₂ O
		末 4	於臭	於嗅
	136	5	H 6	pH 6
		16	th	Th
		末 7	Weissk ohl	Weisskohl
		末 2	Kohlzabf	Kohlrabf
	137	5	Nwiebeln	Zwiebeln
		末 11	Frühjah-	Frühjah-
		末 6	Land w. Th.	Landw Jb.
	138	21	早時	早蒔
		22	晚時	晚蒔
	139	6	之, 底	之底
		11	之時	之能
	140	1	Lipsehütz	Lipschütz
	141	末 6	用鹽酸銨	用氯化銨
	142	末 3	籽爲缺	籽有缺
	144	末	g. 3	5. 3
	145	15	5. 3	5. 3
	147	13	聯 辦	聯合辦
		15	16 ⁷	16 ⁷
	148	9	2 ₈	28
		11	2 ₉	29
	149	8	I	In
		10	d s Getreidebauos	das Getreidebauos
		11	des	der
		14	China	China
	150	末 12	Hann rer	Hannover
	151	末 5	Eraörung	Ernährung
	152	11	Woksmänn	Waksmann

中華民國三十五年二月重慶初版
中華民國三十五年十月上海初版

(*05226 滬報紙)

農作物施肥法原理一冊

定價國幣叁元壹角

印刷地點外另加運費

* 版 權 所 有 *
* 翻 印 必 究 *

著 者 王 世 中

發 行 人 朱 經 農

上海河南路

印 刷 所 商 務 印 書 館

發 行 所 商 務 印 書 館

各地

