

湖南農學院

肥料學講義

一九五五年一月編印

第十一章	草木灰和無機鉀質肥料	1
第一節	草木灰和其他灰類	1
第二節	天然鉀鹽——鉀岩鹽	5
第三節	濃鉀鹽	5
第四節	鉀肥的施用法	6
第十二章	混合肥料	10
第一節	有機無機顆粒肥料	10
第二節	無機混合肥料	17
第十三章	細菌肥料及微量元素肥料	21
第一節	細菌肥料	21
第二節	微量元素肥料	24
第十四章	石灰及其他間接肥料	31
第一節	石灰	31
第二節	石膏	38
第三節	其他間接肥料	39
第十五章	肥料的運輸、保藏與配合	43
第一節	肥料的運輸和保藏	43
第二節	肥料的配合	44
第十六章	作物施肥法	50
第一節	施肥的原則和施肥的基本制度	50
第二節	肥料使用的一般方式	55
第三節	各種重要作物的施肥法	58
第十七章	肥料田間試驗	91
第一節	肥料田間試驗的意義	91
第二節	肥料田間試驗的規劃	94
第三節	計算田間試驗產量的各種方法	96

附實習目錄

實習十二	根據定性反應檢驗肥料	1
實習十三	礦物質肥料的測定	3
實習十四	快速檢驗主要的礦物質肥料	5
實習十五	顆粒肥料的製造	9
實習十六	肥料用石灰的檢定	11
實習十七	過磷酸鈣中水溶性磷酸的含量	13
實習十八	灰分中鉀含量的測定	15

第二章 草木灰和機械鉀腐肥料

一般土壤含鉀比較豐富，因為含鉀的礦物岩石如正長石、雲母、霞石以及花崗岩、片麻岩、玄武岩等經成土作用，可以將鉀解放出來供植物利用。土壤中可供植物利用的鉀約分為三種形態存在，即：

- 1) 水溶性鉀 直接可供植物利用如溶解性鉀鹽。
- 2) 代換性或吸收性鉀 代換後可供植物利用者如膠體複合物吸著的鉀。
- 3) 有機質中的鉀 須經腐解後始可供植物利用如廐肥堆肥綠肥中的鉀。

以上形態是可以互相變化的，例如有機質鉀腐解後變為水溶性鉀，而水溶鉀鹽解離為鉀離子被膠體複合物吸收，在某種情況下 K^+ 可結成再生礦物而被固結（參看第三章第二節 29 頁）土壤中鉀的狀態和變化）

鉀在土壤中的含量雖比較豐富，但大部土壤鉀素問題，不在總含量而在鉀素可利用性的多少。通常土壤鉀素的可利用量不多，而鉀的流失量頗嚴重，非施用人工鉀肥，不能得到作物的高額產量。

鉀肥最普通而最常用者有草木灰、鉀岩鹽、濃鉀鹽等，今分述如下：

第一節 草木灰和其他灰類

(一) 草木灰的成分和肥效

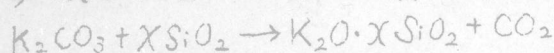
每年焚燒木材葉稈等而產生的草木灰很多，是我國目前使用最廣的鉀肥來源。草木灰除含有豐富的鉀素外，還含有更豐富的石灰和比較豐富的磷酸。據中國科學院土壤研究所李廣達氏分析多種草木灰的結果，知道木灰含鉀與磷的肥分頗多，木本科和羊齒類的草灰次之，稻草灰含鉀量在 8% 左右，但磷和石灰的含量卻很低。

灰肥分析結果(%)

項目	材 料	H ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	CO ₂
木灰(一)	北京,燃料用小杉木	0.67	10.95	3.10	22.09	17.42
木灰(二)	浙江鄞縣,燃料用松木	1.21	12.44	3.41	25.18	23.78
木灰(三)	南京附近山上小灌木	1.17	5.92	3.14	25.09	21.25
草灰(一)	浙江鄞縣,禾本科粗草	5.17	8.09	2.36	10.72	9.89
草灰(二)	江西黎川羊齒類	2.05	10.17	2.11	14.26	14.91
糠灰	江西谷粒外皮	3.72	0.67	0.62	0.88	0.62
稻草灰	江西稻稈及葉	6.53	8.08	0.59	1.92	2.48
煤灰	淮南統煤	未定	0.08	0.18	25.41	10.92

一般說來,灰中所含成分因原料和燒製情形而有差別,大抵草灰比木灰所含的鉀及石灰少而碳矽的成分多,潤葉樹的灰比針葉樹的灰含鉀多些,活葉的灰比落葉的灰所含的肥分較多。

草木灰中所含的鉀大部分為碳酸鉀,是速效性鉀肥,磷酸為磷酸三鈣的形態。草木灰的肥效除成分多少有關外,與燃燒程度和溫度高低有關,通常的炭灰及煤灰,由於燃燒時溫度高,其中的鉀與矽酸結合成不溶性物質



因此,為了鉀肥的目的,草木灰應在緩慢燃燒的低溫下燒成黑色的灰,含有大量炭質,能增加地溫,能增加土壤的孔性,能增加土壤保水力,也能吸收氨或其他物質。就草木灰的鉀鹽與鈣鹽而論,若與銨態氮肥混合,使氨逸散,但少量草木灰與大量人糞尿,或大量草木灰與少量人糞尿混合,或草木灰與人糞尿拌和後隨即施用,不見有氨逸散,主要原因是所產生的氨為炭所吸收。

(二)其他灰類

其他灰類是指動物性物質,植物性物質和礦物質經燃燒後的灰灰,包括煤渣煤灰,煤烟及火土灰等而以火土灰施用最普遍。

1. 煤灰含鉀和磷酸都很低,不過施用於粘土,有聚土之效,

可以改良土壤物理性質。

2. 煤烟是薪炭燃燒時所生成的物質或稱揚塵灰。大部分是氧化不完全的炭質，吸收氣體的力量強，可以吸收氨等，故愈陳久者，肥效愈著。其中含有氧化鉀約 0.1—2.4% 磷酸約 0.4—0.96%。據農民經驗施於水稻秧田，作提苗之用，肥效顯著。

3. 火土灰又叫焦泥灰，是用泥土和草皮作原料，經過燻燒方法，泥土和草皮裡面的有機質磷化（部分的灰化）而製成的一種黑褐色灰末狀肥料。它一方面損失了有機物和氮素，但另一方面却大大地增加了磷鉀。茲將湖南農業試驗總場分析火土灰的成分結果，列如下表。

火土灰分析結果（一萬斤土中的含量）

燒土方法		成分	銨態氮	有效磷	交換性鉀
未燒土			0.24	0.75	0.66
室內燒土 (在高溫甕爐 中燒製)	200°C		0.90	3.47	2.06
	300°C		0.58	3.76	1.575
	350°C		0.30	4.26	0.915
室外燒土 (加入柴草作 燃料燒製)	250°C		—	5.98	5.98
	310°C		—	6.13	4.33

燒火土灰不僅能增加肥效，還可以改良土壤的物理性質和化學性質，使土壤疏鬆，減低土壤對於肥料的吸着力，使肥料充分發揮效果，而且能夠燒毀病蟲，可兼除病蟲害，如治螟工作即可結合掘根土燒製火土灰來進行。

草木灰及火土灰雖含有鉀磷等化合物，然據威廉士的指示，有機質所貯存的能，最合理的利用是供微生物的利用，因此，一切可能利用作堆肥的原料如葉桿等都應利用來製堆肥，由微生物的作用，釋出其中有效的鉀與磷等是比較合理，同時亦可保存一定量的氮。

燒製火土灰的方法，大概可分為二種，一種在野外燒製，另一種是灰房裡燒製，所用的材料第一是泥塊，通常大多是掘取

連稻根的泥塊及田邊野草等。(割草皮要注意水土保持)，先把它烘乾待用。第二天燃料。燃料中主要的是野草和雜柴枝，以爲稻草、麥殼等。最好在灰房燒製，野外燒製須選陰晴天氣，燒製時先把乾燥的泥塊很有順序的一行一行的排成圓形，行與行之間都須空着2-3寸滴的距离，在空隙間，塞進葉秆等燃料，這樣使每行泥塊的兩邊都可以燃燒，並可由外向內逐漸的燻燒。這樣的一層叫做基層，基層的上面鋪一層雜草、麥殼等燃料，並行壓實，厚約4-5寸，周圍比基層大，把基層全部鋪蓋，然後再在這一層燃料的上面，擺上混亂交叉的乾柴枝，它的作用是使它稠空一些，免得上面壓下來太緊，以致妨碍燃燒，柴枝上再加一層泥塊，厚約一尺左右，叫做中層泥。堆時中央高，四周低。這一層泥塊必須注意堆得厚薄相宜，多少適中。堆得過多或過厚，則內部不會燒進去。堆得過薄或過少，則容易透燻而燃燒過盛，肥力差。燒製火土灰的好壞，常以中層泥堆積的好不好來斷定。中層泥堆好之後，上面再鋪一層燃料，這層燃料和中層泥下面鋪的燃料厚薄相仿。這時候如有多餘的稻根、泥塊或草皮可以再鋪在這層燃料之上，然後再鋪上一層燃料，在燃料頂上再鋪一層頂泥，頂泥要打得很細才可以用。頂泥的厚薄，在頂部約4-5寸，四周約2-3寸，最後在基部四周引火燻燒，不使發焰。這樣可以繼續2-3天，當泥塊變成棕黑色的時候，就是成熟的象徵。然後把它從四周慢慢向內層挖開，如挖到了生泥塊(顏色沒有變的泥塊)應把它塞回去，並蓋上一層熟泥，使生泥再慢慢的燻燒到成熟，一面燒、一面挖，直到完全成熟時為止。

在燻燒的過程中，應該每日早晚檢查一次，假如堆上有漏洞而有煙火透出時，就應把細泥土填塞起來，以免燃燒過度。燒成後火土灰如呈灰黑色的，是上好火土灰。如呈紅色，就是劣質的火土灰。

經過燒好的灰土灰，可以打碎篩去瓦片等，貯存於高燥地方，莫使潮濕，以後就可作為肥料。

第二節 天然鉀鹽——鉀岩鹽

天然鉀質肥料的主要給源除草木灰外，就是鉀岩鹽。1925年在蘇聯烏拉爾山斯捷茲瓦科夫區索里甘姆斯克礦區發現了很豐富的鉀岩鹽，它的儲藏量，超過了全世界已知鉀鹽總儲藏量。在索里甘姆斯克礦區開採的鉀岩鹽，不論沒有經過特別加工（粗鉀鹽）或經過適當加工以後（濃鉀鹽），都可以用做鉀肥。蘇聯用得最普通的鉀肥是鉀岩鹽（濃鉀鹽）和草木灰。

此外德國斯他經佛特（Stassfurt）地方的鉀礦，礦床厚達600公尺左右，係因地質的變遷，內海與外海的連絡斷絕，海水因炎熱的氣候漸次蒸發乾涸而殘留各種的鹽類隨溶解度分別沉澱，層層相重。溶解度最小的石膏首先沉澱，居於最下位，其上為溶解度較大的氯化鈉，再其上為溶解度最大的各種鉀鹽沉澱層。法國及西班牙邊境的阿爾撒斯（Alsace）的鉀礦存在地下1800呎，品質比較斯他經佛特礦為優。

鉀岩鹽是一種含有雜質成分不純的粗鉀鹽，其主要者有：

光鹼石（Карналит） $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$

鉀瀉鹽或鉀鹽鎂礬（Каинит） $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$

雜鹼石（Полигалит） $K_2SO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2H_2O$

硬鉀鹽（Твердая соль）（Нартсальц） $NaCl \cdot KCl \cdot MgSO_4 \cdot H_2O$

鉀石鹽（Сильвин） $KCl \cdot NaCl$

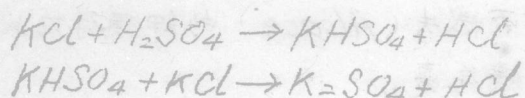
在不出產鉀鹽礦的地方，常把鉀長石研成粉末作為肥料，也有將海水蒸發，除去食鹽結晶，或煎鹽所淋出的滷液而得含水的氯化鉀和氯化鎂複鹽，以作鉀質肥料。浙江各地水稻田中，每畝常施用鹽滷4-5斤，肥效頗著。用鹽滷肥田，除鉀素可直接供給作物營養外，也有間接的作用，可以增進土壤中鉀磷的有效性，浙江平陽出產明礬甚多，水稻田中施用少量明礬作肥料的也很普遍，但鹽滷與明礬都只宜少量施用，否則不論對土壤及作物都會發生有害作用。

第三節 濃鉀鹽

濃鉀鹽就是加工的鉀鹽，由各種粗鉀鹽清除雜質後製得，主要的有氯化鉀和硫酸鉀兩種，因為處理方法的不同，產出的氯化鉀含量達30%到40%或更多，濃鉀鹽的含鉀量要比粗鉀鹽多2-3倍。

(一) 氯化鉀 主要的是選光鹼石精製而成，光鹼石含 KCl 15-16% 外，尚有其他不純物，基於磨碎光鹼石中的 KCl 和 $MgCl_2$ 易溶解於水，應用部分結晶方法，將 $MgCl_2$ 分離，即得 KCl 肥料，製品約含 KCl 70-75% 或 K_2O 45% 及 $NaCl$ 2.1%。若再加精製可得 KCl 97-98% (相當於 K_2O 64%) 市面販賣的 KCl 肥料通常含 K_2O 50% 左右，而雜有 $NaCl$ 10-20%。

(二) 硫酸鉀 氯化鉀製得之後加硫酸處理，即得 K_2SO_4 ，其變化如下：



從熔爐中取出的硫酸鉀成塊狀，打碎後即成商品，通常含 K_2O 43%。

硫酸鉀不具吸濕性，可以廣泛使用，不像氯化鉀不能施於於對氯敏感的作物（亞麻、煙草、馬鈴薯等），同時 SO_4^{2-} 與 Ca^{++} 化合而生 $CaSO_4$ ，使代換作用放出的 Ca^{++} 不致流失，故比氯化鉀好些。

第四節 鉀肥的施用法

這些機態的鉀肥，主要是與硫酸根及氯等陰離子結合所成的鹽，所以一切濃鉀鹽肥料，都是生理的酸性肥料。施用氯化鉀時其中的鉀將土壤膠體中的其他陽離子，特別是鈣離子，代換出來，成極易溶解的 $CaCl_2$ 向土壤下層滲漏而損失。施用硫酸鉀時亦有同樣作用，但所生的 $CaSO_4$ 溶解度小，不如 $CaCl_2$ 的容易流失，故土壤中石灰的損失較小，據估計施用100公斤的鉀鹽含37公斤的氯，可以帶走100公斤的石灰，土壤中石灰嚴重的損失，也就意味著土壤酸性的增加。

鉀鹽施到土壤里面，其鉀离子能夠將土壤膠體中其他陽离子代換出來，以供植物吸收利用。但一價的鉀离子具有反鬆的作用，亦即對土壤團粒構造有破壞的作用，論及鉀肥時，威廉士寫道：「鉀，特別是鈉，對於土壤結構發生破壞的作用」。在牧草第一度用年度第一次收割後施用鉀肥的時候，鉀和鈉可能造成一種損害，使土壤構造喪失，但這種損害不能夠顯著地表現出來，因為構造性的土壤團粒被木本科牧草根所纏繞着，因而免於發生機械的破壞，在其餘的田地上，鉀以腐肥的形態出現，腐肥含有大量鉀素，而不能發生有害的影響」。

根據威廉士的說法，鉀素無機肥料只可以在牧草第一次收割後施用到牧草田地土壤中，而不可以施用在其他的田地上。如果不是把鉀素無機肥料施用在牧草田地上，而是施用在其他作物的田地上，那末一價元素的鉀就會把二價元素的鈣送土壤團粒的腐植質中排擠出去。

「當二價元素的鈣被鉀或任何其他一價元素送土壤團粒腐植質中排擠出去的時候，土壤團粒中所蘊藏的腐植質不是穩固性的腐植質，而是會在水中散碎的腐植質，土壤構造性逐漸破壞，這些土壤在春季或夏季下雨後，便具有很大的粘着性，泥濘性和不透水性，因此鉀素無機肥料對土壤所發生的有害作用，已經被威廉士在理論上論證了」。

但是李森科院士不同意威廉士的這種說法，認為農業實踐的利益——即科學的科益——迫切要求在栽培甜菜、馬鈴薯、棉花、向日葵、馬鈴薯和很多其他作物的土壤上施用鉀素無機肥料，必須不使農業實踐遷就農學理論，而要從農業實踐需要出發，從提高單位面積產量的利益出發，遵循威廉士的農學理論來找出克服鉀肥在生產中的缺點的途徑和方法消除無機鉀肥的壞作用而加強其好的作用，從而創造出無機鉀肥與過磷酸鹽及有機肥料（腐植質）一起混合製成顆粒肥料。這種顆粒鉀肥可以施用到任何作物的田地上，不致破壞土壤構造。

鉀肥的施用法，可分下列數項說明

1. 施用時期：無機鉀肥是水溶性肥料，效力頗速，宜作追肥，但含氣的鉀肥由於其有害種子發芽及幼苗，應於播種前或移植前數日作基肥施用。

2. 施用分量：鉀肥每次的施用量不宜太多，以飼料飼養家畜，飼料中鉀的90%均保存在動物的糞便中，將來畜牧業發達後，厩肥使用廣泛，鉀的補充可顯次要。目前我國鉀肥的缺乏情況除個別地區或個別作物以不很嚴重，普通作物每畝每年施用 K_2O 5-10斤似已足夠，但莖科及根類作物需要較多。

3. 施用方法：通常多採用撒施，液鉀鹽應混合粘土或加水稀釋施用。如欲節省用量，可於行間條施。

4. 與其他肥料配合：鉀肥是單純肥料，視作物的需要應配合氮磷肥料施用。主要的鉀肥是氯化鉀和硫酸鉀，是生理的酸性，肥效不及草木灰的鉀，要使這種鉀鹽完全發揮肥效，和它配合的氮及磷酸肥料，須選智利硝，石灰氮，人糞尿、骨粉、湯馬斯磷肥一類的鹽基肥料，最基本的原則是與有機質混合，最好是將鉀肥與過磷酸鈣製成顆粒肥料。一切鉀鹽都能帶走石灰，故施用鉀肥必須適量補充石灰。

5. 適宜作物：各種作物都應適量施用鉀肥。特別是馬鈴薯甜菜及其他塊根作物、甘藍、亞麻、大麻、煙草豆科植物等最需要，對柑橘類可提高其品質，但煙草甜草甜菜馬鈴薯應避含氣的鉀肥。

茲附各科主要鉀肥的性質如下：

肥料名稱	含 K_2O 量%	化學成份	施用量 K_2O 公斤/畝	施用時期	對土壤酸度的影響	最宜適用的土壤	備註
光鹼石	9-11	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$	30-60	播種前施用	強酸性	一切泥炭地砂土牧草地北部黑鈣土	不宜用於煙草、馬鈴薯
鉀鹽 或鉀鹽鎂鹽	12.5-13.5	$KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$	全上	全上	全上	全上	
雜鹼石	15	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$	全上	全上	全上	全上	

钾岩盐	15-20	MKCl+NH ₄ Cl	30-60	播种前施用	强酸性土	全上	
氯化钾	50-60	KCl	全上	播种后施用	全上	全上	
硫酸钾	45-50	K ₂ SO ₄	全上	全上	全上		宜用于烟草等 金墓和葡萄

参考資料

1. 李森科：論威廉士的農業學說：關於無機肥料的問題。
2. 威廉士（吳元樞重譯）：農業原理 第十一章
3. 吳元樞：肥料学 第十三章

練習提綱

1. 農業有機作物稿稈燒灰作肥料的，也有製成堆肥的。試討論二者的得失。
2. 無機鉀鹽中的陽陰離子對於土壤理化有什麼影響？怎樣去克服鉀鹽的壞作用而加強其好作用。

第十二章 混合肥料

有機肥料雖然含有三要素，但成分大多稀薄，不能滿足作物平衡的要求。化學肥料所含營養料則偏於一種或二種，作物的需肥情況并不相同，土壤的缺肥情況也不一致，要滿足作物的高度營養，提高肥料效率，按照作物的需要，把幾種不同成分的肥料適當的配合，使其中含有一定比量的 N 、 P_2O_5 、 K_2O 三要素之二或三者全有的混合肥料，或用化學方法將二種或二種以上植物營養料製成複合肥料（*сложные удобрения*），在農林生產實踐上具有重大的意義。

有機肥料與無機肥料除調製成顆粒狀混合肥料，肥效顯著外，最近李森科院士提出在非黑鈣土地帶每市畝施用有機肥料（廐肥或堆肥）400市斤，磷礦石粉40市斤和石灰石粉66.6市斤的混合肥料，其增產效果，相當於使用有機肥料（廐肥）4000市斤的肥效，這也就是說有機肥料與磷礦石粉、石灰石粉等與無機肥料配合使用，可提高有機肥料的效力至九倍之多。這是蘇聯的先進經驗，我們應在全國各地依照李森科院士所提出的施肥法進行廣泛的試驗，為準備推廣到廣大的農村中去打下基礎。

如上所述，混合肥料主要分為兩類：(1) 無機肥料的混合，(2) 有機肥料與無機肥料的混合。在這裡首先介紹蘇聯的有機肥料與無機肥料調製而成的混合顆粒肥料。

第一節 有機無機顆粒肥料

(一) 顆粒肥料的意義及其優越性

顆粒肥料是將無機肥料或有機肥料與無機肥料混合製成顆粒形態的肥料，按照肥料的性質來說，可以分為兩種：一種是蘇聯晚近的肥料工作正在大量將物理性質不良的無機肥料（特別是過磷酸鈣和硝酸銨）予以顆粒化，製成大小約為1—4公厘的圓球形或柱狀的顆粒肥料。另一種是農場或農家用有機肥料（如腐熟

既肥、堆肥)和无机肥料(普通用粉状过磷酸钙)混合調製而成的有機顆粒肥料,其顆粒的大小,為2-4公厘,也有大至10多公厘的。

顆粒肥料的製造和應用,是苏联先進農業科學理論指導的又一輝煌成就,大大地提高了肥料的效應。顆粒肥料的優越性可分下列幾點來說明:

(1) 提高肥料效率,特別是速效磷肥的效率。

根據肥料試驗的材料證明,在氮磷鉀三要素中,磷肥最不能為作物所吸收利用,在許多情形下,植物能從所施的氮質肥料中吸收利用其營養物質50-70%,能從所施的鉀質肥料中吸收利用其營養物質40-60%,撒施粉狀過磷酸鈣,則第一次作物只能利用其營養物質的10-20%,第二次和第三次作物利用得更少,三次總共不過15-30%,其餘70-85%,存留土中變成植物不易或不能利用的形態,因此我們雖對土壤施肥,但作物所得到的養料却很少,也就是說過磷酸鈣施入土壤後,因土壤化學性、物理性和生物性等因子的影響,變成了土壤中固定的形態,土壤中鐵鋁膠體多,對磷酸的吸收和把磷酸變為難溶性的磷酸鐵鋁就愈多,故無論從效果和經濟上來看,施用粉狀過磷酸鈣是不合算的。

(2) 減輕或避免肥料的不良作用

一價陽離子如鉀鹽對土壤的團粒結構有破壞作用,威廉士曾深刻的注意這一點,因此他主張除牧草地外,不宜施用鉀肥,可是有些作物如棉花、馬鈴薯、菸葉之類,特別需要鉀肥,以增加產量或改進品質,為了農家實踐的利益,對某些作物施用鉀肥是完全必要的。利用鉀質顆粒肥料來滿足作物對鉀的正常要求,又可避免或減輕其對土壤團粒的破壞作用。

(3) 改進種子與肥料一併播種的條件,保證幼植物的健壯生長。

肥料混同種子播種是保證幼苗健壯的必要條件,而健壯幼苗又為後期生長良好和獲得高額產量的前提。普通化學肥料或由於施用後使局部土壤溶液的濃度過高,或由於其他化學變化的關係與種子接

触,常影响种子的发芽或对作物的早期生长产生有害作用。施用有机无机颗粒肥料,则由于有机质能吸收保蓄大量可溶性养料,肥料在土壤中的可给性有了保障,创造了肥料混同种子播种的可能性,因此便利了作物幼苗的摄取,也就大大改善了作物早期的营养条件,保证了幼苗的健壮。

(4) 改善肥料的使用性质。

要把肥料施用在理想的地方,并且要多少适量,不是容易事,特别是使用施肥机或用飞机追肥,必须肥料具有极良好的使用性质才能奏效,颗粒肥料的使用性质最好,它不会结块吸潮或随风吹散,它能均匀地散布在所施的地面或土中。同时还可减低肥料的用量,减少肥料的浪费,例如,将25斤过磷酸钙均匀地施于播种沟中,是有困难的,可是掺入有机肥料制成20-30斤颗粒肥料,使用就很方便。将来用飞机追肥,颗粒肥料可不致停留在叶片上而落于地面,这是应用飞机施肥的有利条件。

(二) 颗粒肥料产生良好作用的原因。

由上可见,颗粒肥料是提高肥料效应,合理、经济的使用肥料的创造性方法之一。在苏联农业科学中,颗粒肥料已创造了极高的增产成绩(较同量粉肥增收3-5倍),在国民经济中起到了很好的作用。如我国淄博市郊高坎农业生产合作社,1953年由于利用颗粒肥料,小麦增产达40%。这可说明颗粒肥料不论在小农经济的农业生产中,或在集体化的社会主义农业生产中都能表现其优越性。

根据多方面的研究,颗粒肥料所以发生良好作用的原因,可有下列几点:

(1) 营养料集中在颗粒内和它的周围,因之与土壤的接触面较少,被土壤吸收的也较少,而保持着容易被植物吸收的形态。据苏联阿夫多宁教授的试验,把过磷酸盐施在黑钙土中,30天後分析土壤中水溶性磷酸的含量,证明颗粒过磷酸盐在30天内被土壤吸收固结的仅为其施用量的7.6-12.6%,而同一粉状过磷酸盐则被吸收固结,65.7-

82-1%，由此可見過磷酸鹽顆粒溶化後，可把土壤所固結的磷酸減低7倍，這也就是增加了顆粒肥料的應用價值。

這是黑鈣土上的試驗結果，在非鈣質土的酸性土中磷的固結作用要嚴重得多。我們中南區各地農民普遍反映施用磷肥沒有效果，事實上這不是磷肥對植物直接有沒有效果的問題，而是磷肥有沒有被植物利用的問題。

(2) 植物生長初期吸收難溶性的磷酸鹽的能力很弱，顆粒肥料則能供應幼苗容易吸收的有效磷素營養。

植物在幼苗時期對磷的營養要求很高，大抵在幼苗出土後1-2星期，種子中所含磷酸利用完了之後，就迫切需要從外界得到磷的營養，如果供應不足，就會表現出生理上的缺磷病徵（如玉米缺磷幼苗莖葉帶紫色），以後即使充分供給水溶性磷酸，也難完全消除早期缺磷的影響，生長成熟都要延遲。施用顆粒磷酸肥料則可適應作物生理上的需要，幫助作物渡過這個緊要的關頭。

(3) 顆粒肥料混同種子播種能促進作物根系較速的深入發展和強烈的擴張，得以向土壤廣泛地搜羅並充分利用有效營養料和水分，使作物生長良好。這一作用對種子較小的作物尤為有利，原來種子較小，貯存的營養料不多，幼苗一出土，胚乳或子葉中營養料已快用完，這時根系尚不十分發達，在根系附近若能得到充分的營養料，根的發展和植株生長自然能更好些。

(4) 交織在顆粒肥料周圍的土壤中的作物根系，不僅容易吸收營養料而且有良好的生物環境，因為顆粒肥料周圍的濃度較高，可以適當地控制微生物的發展，使一般微生物把無機營養料變成微生物體質的有機物的趨勢減少，即微生物與植物競爭較少，另一方面，在磷肥顆粒的周圍建立富有磷酸的基點，能使有益的微生物如固氮菌強烈的繁殖，又經觀察證明，當施用顆粒過磷酸鈣於土中時，在顆粒周圍形成一層含有多量磷酸的地帶，在這一地帶中常見固氮菌的生長受到壓抑的狀態，但是在這一地帶的周圍是磷酸含量稍低而有利於固氮菌的強烈發育的地帶，這樣

由於固氮菌在磷肥基點附近能較好的發育，因此不僅能保證植物有較好的磷肥供給，而且還可依靠固氮菌的活動，得到氮肥的供給。據蘇聯微生物學家E. Ф. 別列作夫的研究，當施用顆粒磷肥時1cc土壤中的固氮菌數量較粉狀磷肥多50倍，施100克粉狀過磷酸鹽在土壤上，固氮菌所吸收的氮量是16.3毫克，而施用同重的顆粒過磷酸肥料則它們所吸收的氮是347.01毫克。從植株的分析中，也可以看出施用顆粒過磷酸鹽地段的植物，其所含磷氮比沒有施肥地段或加粉狀過磷酸的要多些，而且發育較良好，較迅速。

(三) 顆粒肥料的製造

顆粒肥料可以在工廠裡製造，也可以在集體農莊國營農場、農戶生產合作社，互助組，以及一般農家的條件下自行調製。蘇聯化學工業已開始大量製造顆粒肥料，在最近幾年，顆粒肥料已大量地用在集體農莊和國營農場的田地上。

製造顆粒肥料的原料很簡單，就是有機質肥料與單質無機肥料，但這裡面存在的問題是用什麼有機質肥料？有機質肥料與無機肥料的分量要多少？怎樣製造？顆粒應當多大？

用什麼有機質肥料？這裡一個原則，不能用含纖維質的有機質肥料。常用的有機質肥料是油餅類腐熟的糞肥（包括牛糞、羊糞、禽糞）及泥炭等，當中最好的是泥炭，至於單質無機質肥料主要是過磷酸鈣、鉀鹽，其次為硝態與銨態氮肥。有機質與無機肥料的比例，一般是1:3, 1:1, 1:0.5和3:1等，要看具體的材料和情況。

製造的方法，把有機質肥料先用篩子篩過，粗的不要，把細的鋪在席上或木板上，或地上，攤成4-6公厘厚的薄層，用噴壺仔細均勻噴水，使它微微濕潤，加上部分的過磷酸鈣，用耙子細心混合，再用噴壺噴水，再加一部分過磷酸鈣，再用耙子耙勻，如此一直將過磷酸鈣加完為止。通常有機肥料與過磷酸鈣的比例（以體積來計算）為1:1.5到1:2，水的用量大約相當於有機肥料的1到1.5倍。

若是用泥炭土的時候，先使泥炭通過1公厘的篩孔，在加過磷酸