

高等学校教学用书

Д. Н. 普里亞尼施尼柯夫院士选集第一卷

# 農業化学

下 册

吉仁

高等教育出版社

高等学校教学用书



Д. Н. 普里亞尼施尼柯夫院士选集第一卷

農 業 化 学

下 册

李庆逵等译

高等教育出版社



本書根據蘇聯國立農業書籍出版社 (Государственное издательство сельскохозяйственной литературы) 1952 年出版的 Д. Н. 普里亞尼施尼柯夫 (Д. Н. Прянишников) 院士選集第一卷“農業化學”(Агрохимия) 第四版譯出。全書內容為植物營養、土壤性質與植物營養及施肥的關係、肥料各論、田間試驗與盆栽試驗四個方面。中譯本分上、中、下三冊出版。

本書可作為高等農業學校中關於植物營養和肥料方面的教學參考書，也可作為科學機關和生產單位的農學家與土壤學家的參考書。

參加本書翻譯工作的有中國科學院土壤研究所李慶遠、于天仁、楊景輝、魯如坤、陳家坊等同志。

Д. Н. 普里亞尼施尼柯夫院士選集第一卷

## 農 業 化 學

下 冊

Д. Н. 普里亞尼施尼柯夫著

李慶遠等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

京華印書局印刷 華書店總經售

書號 16410·5 開本 850×1168 1/32 印張 9 1/16 字數 276,000

一九五六年九月北京第一版

一九五六年九月北京第一次印刷

印數 0001—7,500 定價 (10) 1.40

## 下 册 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 复合肥料 .....                  | 573 |
| 混合肥料 .....                  | 588 |
| 石灰 .....                    | 597 |
| 施用石灰在土壤中所引起的变化 .....        | 602 |
| 贫钙和富钙的土壤的特征, 石灰需要率的测定 ..... | 612 |
| 石灰的用量 .....                 | 621 |
| 石灰质肥料的种类 .....              | 633 |
| 石灰质肥料的施用和盖土 .....           | 643 |
| 作为肥料的石膏、硫和氯化钠的施用 .....      | 645 |
| 石膏 .....                    | 645 |
| 硫质肥料的施用 .....               | 652 |
| 氯化钠 .....                   | 655 |
| 含有硼、锰、铜的肥料 .....            | 657 |
| 有机完全肥料 .....                | 666 |
| 厩肥 .....                    | 666 |
| 厩肥的成分 .....                 | 669 |
| 厩肥聚积的数量 .....               | 674 |
| 厩肥成分的变化 .....               | 676 |
| 厩肥贮存的各种方法 .....             | 686 |
| 厩肥的运出及复土 .....              | 700 |
| 厩肥肥效的评价 .....               | 704 |
| 厩肥的施用及其在各种土壤中的效用 .....      | 731 |
| 厩液 .....                    | 746 |
| 堆肥的制造 .....                 | 751 |
| 未经腐熟的粪秆作为肥料的应用 .....        | 758 |
| 泥炭 .....                    | 760 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 泥炭在制造厩肥中的利用 .....          | 760 |
| 泥炭質堆肥；各种堆制方法 .....         | 772 |
| 泥炭作肥料的直接应用 .....           | 775 |
| 混合堆肥——农場中各种不同廢物的利用方法 ..... | 778 |
| 粪肥 .....                   | 779 |

### 第 三 部 分

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 田間肥料試驗 .....            | 791 |
| 測定土壤对于肥料需要性的实验室方法 ..... | 820 |
| 盆栽試驗及其在农業化学研究上的作用 ..... | 829 |
| 附录 1 .....              | 853 |
| 附录 2 .....              | 854 |
| 附录 3 .....              | 856 |
| 附录 4 .....              | 856 |
| 附录 5 .....              | 859 |
| 附录 6 .....              | 863 |
| 附录 7 .....              | 864 |
| 人名索引 .....              | 867 |

## 复合肥料

关于复合肥料 сложные удобрения 問題，一方面連系到降低運輸的成本，另一方面也應該从当地肥料的需要性的观点上来考虑。

談到運輸問題，特別是在長距离中（或在沒有鐵路運輸時）載運大量普通肥料所含有的無用的填充物（балласт）是不合理的。例如，在硫酸銨中，为了得到 25% 的氮，還要運輸其中 75% 与氮相結合的硫酸，而硫酸是不适于作为施肥用的。

常有人說，在硫酸銨中有价值的仅是 20% 的 N，在过磷酸鈣中仅是 15% 的  $P_2O_5$ ，而其余都是填充物。然当这是不正确的，因为植物所吸收的不是氮而是氨或是硝酸，不是  $P_2O_5$  而是  $H_3PO_4$  或  $Ca(H_2PO_4)_2$ 。但是在这点上，尽管这些数字是不精确的，但却大体上表示了一种正确的思想，虽然个别的結論并不能符合于一切情况（例如，普通过磷酸鈣中的石膏，并不可认为都是非必需的填充物；比如，当过磷酸鈣施用于三叶草时，硫酸鈣也起着有益作用）。

在硫酸銨或氯化銨中，我們所不需要的仅是陰离子，而在未經精煉的鉀鹽中，除了与鉀結合的氯外，还有大量如 NaCl 这类鹽分的雜質。假使我們用結晶分离法不仅可以去除这些雜質，并且还可以使鉀或氮不与無關紧要的陰离子相結合，而与为植物所必需的陰离子相結合，那么我們就可以免除運輸上徒勞無益的裝載，而使全部運輸物在施肥上都有作用，并免除了施用鉀肥时把氯帶到土壤中的必然性。

由此，制造双質肥料（парные комбинации）就是合宜的了。这种肥料，完全不含多余的陰离子和陽离子，而仅含兩個最必需的元素，例如  $KNO_3$ 、 $KH_2PO_4$ 、 $NH_4H_2PO_4$ 。这时所運輸的商品，將完全为植物所必需的元素所組成。而硝酸鈉和鉀鹽或硫酸銨与过磷酸鈣的混合物，則含有很多非必需的而常常恰是不良的成分。

应当指出，这个最高濃度的原則并不一定是指含有兩個元素的肥料，如氮在这方面所處

的地位就与钾和磷不同。因为它可以组成阳离子( $\text{NH}_4^+$ )，也可以组成阴离子( $\text{NO}_3^-$ )，所以  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  就是一种絕無廢物的鹽类，同时从施肥的观点上看，它只含有一个重要元素。双質肥料如  $\text{KNO}_3$ 、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ，其氮素含量远较与其相应化合的钾或磷为少，补充  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  就可以提高这种混合肥料中氮的含量，而不违背最高浓度的原则，如同我們为了增高氮的成分，而加入  $\text{NH}_4\text{Cl}$  或  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  情况。

現在化学工業所制造的主要肥料，是一种簡單形态的單質肥料，如过磷酸鈣、鉀鹽、鉍鹽、濃縮性复合肥料所占的比重是不大的，而且在西欧不但双質或三質肥料的制造，甚至濃度較高的單質肥料(如重过磷酸鈣)也仅是为了輸出至热带国家而制备(例如，荷蘭为爪哇的咖啡种植場制造肥料等等)大量进行生产的却只有  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 。

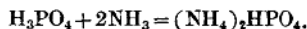
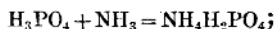
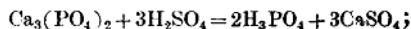
在我国，有理由認為，應該拿出全部肥料产品的一部分，制造沒有多余陽离子和陰离子的双質肥料。这是因为：(1)我們所面臨的問題不是水路而是旱路長距离运输，因此，我們的負担远比海路(例如从阿姆斯特丹到爪哇)运费上为重；(2)我国相当大部分的磷灰土，不宜于用硫酸簡單的混合方法来加工，而宜于用提取法来加工，即制成磷酸，然后再进一步制成双質肥料；(3)我們一般的生产規模使双質肥料的相对分量还不太高，即有絕對足够的条件，在若干地点按照現有原料的貯量，来建立某一类濃縮肥料的生产。

当然，并不是所有双質肥料(NP、KP、NK)對我們都有同样的作用。从上面曾經談到的我国土壤对肥料的需要性可見，我国有很大部分的土壤經常需要氮和磷——这里所指的是巨大面积的灰化土帶和假若我們不單單考虑面积的大小，那么黃土性土壤区域内的灌区(中亞細亞和南高加索)也是首先需要进行化学化的区域。但是鉀肥的需要性則不是如此普遍，而是依植物品种为轉移的；例如，甜菜、馬鈴薯、烟草、牧草以及很多需要大量鉀素的蔬菜，在大多情况下，除了氮肥和磷肥外，还需要施用鉀肥。

上述植物的参与輪作，在保証植物有氮、磷肥料的条件下，就会很快地引起輪作中所有植物对鉀肥的需要，其中也包括需鉀很少的植物。

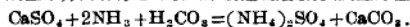
此外,施用钾肥的需要程度,也将决定于收获量的高低。当收获量增高时,许多作物除了施用氮、磷外,还必须施用钾肥。不过应当十分重视NP双质肥料的生产。而钾仅按实际需要的程度予以加入。同时,技术上的一些理由也使得应该将N和P配合,这就是说,除了我国磷酸盐原料的特性外,还应当注意到硫酸的节约问题。根据所有这些理由,生产磷氮肥料(аммофос)便是最重要的问题了,即磷酸二氢铵或磷酸氢二铵(通常是二者混合的盐类)的生产,这种肥料在制氨工厂附近有磷灰土的地方,制造起来是很方便的。

在生产磷氮肥料的时候,首先是用硫酸把磷酸自任何种类的磷灰土(即使这种磷灰土由于其成分低而不宜于制造过磷酸钙)中提取出来。所用的方法与生产重过磷酸钙或沉淀磷肥的最初阶段完全相同。而下一步则是将这种磷酸用氨来中和(并且利用中和所发生的热蒸发掉一部分水分)。同时,也避免了硫酸因与氨相结合而消耗(当分别进行生产时,即在分别制备硫酸铵和分解磷酸盐的情况下,这一点则是需要的)。因此,这里一个分子的硫酸就完成了两项任务——他的氢离子最先分解磷灰土代出磷酸根而形成磷酸;然后在形成磷酸铵时,这个氢离子又与氨相结合①:



当一个分子氨与一个分子磷酸相结合时,得到的是含12%N、61% $\text{P}_2\text{O}_5$ 的 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ;当二个分子氨与一个分子磷酸相结合时,即形成磷酸氢二铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ ,其中含N为21%, $\text{P}_2\text{O}_5$ 为53.4%②。这样,

① 这个硫酸分子的利用还不是到此就结束了。在其氢离子为钙所代替后,得到了石膏(淋洗磷酸后遗留在残渣中),而石膏还可以用来制造硫酸铵,其反应方程式如下:



② 工业产品中所含的N与 $\text{P}_2\text{O}_5$ 通常都略低于所援引的N与 $\text{P}_2\text{O}_5$ 的百分数(是纯品中的百分数)。



一吨磷酸氢二铵就可以代替 3.5 吨普通磷酸钙和一吨硫酸铵。结果在运输上就只要运一吨而不需运四吨半了；而且磷酸氢二铵是由百分之百植物必需的物质所组成的，而無任何填充物（应当注意到，这不仅减轻铁路的运输，而且减轻从车站到国营农场和集体农庄的运输）。

事实上，经常所制造的是磷酸一铵和磷酸二铵的混合物。由此而产生如下缺点：兹以中亞細亞为例，这里甚至施用磷酸二铵（其氮磷比例较大），也还需要补施氮肥，至于磷酸一铵和磷酸二铵的混合物，这点便表现得更为显明。

使氮磷的含量相等，可能有如下几个方法：

(1) 如果严格地遵守去除不必要的阴离子的要求，那么应当在磷酸肥料中加入硝酸铵一  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 。这个混合物所含的氮有两种形态，所以它就不应当再称为磷酸肥料，也不应当称为磷硝（ $\text{нитрофос}$ ），而宜于称为比较普通的名词——磷氮肥料（ $\text{азофос}$ ）。这里，关于防止  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  潮解问题还需要作进一步的研究。除加  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  外，还可以加异尿素（ $\text{карбамид}$ ）合成尿素以调节磷氮肥料的 NP 比例。

(2) 如果允许不严格遵守上述要求，那么把磷氨和硫酸铵加以混合是方便的。这种混合物可称之为磷酸铵（ $\text{фосфосульфат аммония}$ ）。而通常把该混合物的德文名称“ $\text{лейнафос}$ ”（莱因磷肥）移用于我国，这是不合理的，因为这种肥料系我国制造，而非莱因所产。如果说感到“磷酸铵”这个名称太长，那么可以找出略语（例如，称为“磷硫氨”（ $\text{аммосульфос}$ ）或更简单地称为某种类型的“磷氮”）。其次，可能提出这样的问题，即如果可以加入补充成分，那么加入钙盐作为该的有效对抗物是比较合理的；例如，采取  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaSO}_4$  的混合物。于灰化土上使用的  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  和磷灰土的混合物同样有钙的存在，同时也可用“磷氮”的一种变体来表示（但不是如广告上所說的磷硝）。

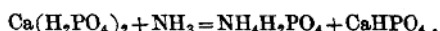
如果 NP 双质肥料的制备，不是经过磷氮肥料的生产，而是经过单个浓缩物的互相混合 [例如， $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4$  或  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CaHPO}_4$ ]，那么同样可以达到上述目的。这类“磷氮”肥料中钙存在的功用已在美国（New Jersey）为试验所证明。当在轻质土壤中施用没有钙的磷氮肥料时，曾发现对棉花的幼芽有毒害作用，如果施以  $\text{CaSO}_4$ ，即可避免（当然，这指的是缺乏钙质的土壤，或条施时造成  $\text{NH}_4^+$  离子局部超过  $\text{Ca}^{2+}$  离子）。

在某些情况下，NP（“磷氮”型）双质肥料的生产，并不是为了获得最大浓度产品以供长途运输，而是为同时利用硝酸的化学能的情况下，最大限度地降低肥料价格，以满足当地需要的任务。这种利用的目的

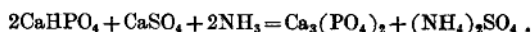
是不直接用鈣和氨来中和硝酸,而首先用硝酸分解磷灰土,而后加氨。关于預先用硝酸进行分解的意见,是作者早在 1908 年提出来的,但那时还没有合成的氨,同时估計到磷灰土用硝酸分解以后,可以用石灰沉淀得到磷酸二鈣,而从溶液中得到硝酸鈣。现在,有了廉价的氨(合成氨),可以用氨沉淀提取液,而从溶液中得到硝酸鈣。

氨化过磷酸鈣的制备是获得双質肥料的特殊情况,使用这种方法的主要原因是,氨的結合成本低廉(沒有硫酸的消耗),但这样的产品的氮素成分,当然是不会高的。

氨化过磷酸鈣是把过磷酸鈣用氨来饱和的方法而获得的<sup>①</sup>。因为在当时与氨相結合的是  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  (而在过磷酸鈣中含有游离  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), 所以結果一方面是得到了磷酸鈣,另外也得到了磷酸二鈣:



当大量加入氨时,可能形成磷酸三鈣:



这样会引起过磷酸鈣中  $\text{P}_2\text{O}_5$  可溶性的降低,这可从下列例子中看出:

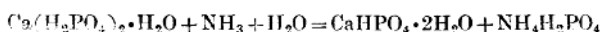
| 在氨化过磷酸鈣<br>中氮的百分数 | $\text{P}_2\text{O}_5\%$ |       |        |       | N: $\text{P}_2\text{O}_5$ |
|-------------------|--------------------------|-------|--------|-------|---------------------------|
|                   | 全量                       | 檸檬酸溶态 | 檸檬酸鹽溶态 | 水溶态   |                           |
| 3.05              | 18.76                    | 18.34 | 16.50  | 14.80 | 1:6.1                     |
| 6.28              | 18.75                    | 15.99 | 7.90   | 2.68  | 1:3.0                     |
| 7.49              | 18.49                    | 14.46 | 6.50   | 2.48  | 1:2.5                     |

为了不降低檸檬酸鹽溶态  $\text{P}_2\text{O}_5$  的含量,通常仅加入少量的氨,因此在普通过磷酸鈣氨化(аммонизация)时,含氮量可达到 2—3%,当重

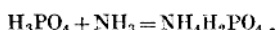
<sup>①</sup> 此外,也可以用氨合物的方法(把鈣鹽溶于氨液中)来处理过磷酸鈣,就有可能得到含氮較高的产品。

过磷酸钙氮化时,含氮量可达7%或8%。

过磷酸钙的物理性质由于氮化而改善,同时,因为部分水分成为结合水,过磷酸钙便有部分的干燥( $\text{CaHPO}_4$ 带二个分子的结晶水,而 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 只有一个):



同时过磷酸钙中的游离磷酸也被中和:



这点也有良好的作用,因为过磷酸钙中游离磷酸的存在,由于其收湿性和块结性的增加,而使物理性质变坏。如果氮并不加得过多,氮化过磷酸钙中 $\text{P}_2\text{O}_5$ 效用,通常不逊于普通过磷酸钙(未曾氮化的)。在灰化土上,氮化过磷酸钙的效用常高于未曾氮化的过磷酸钙。例如,肥料科学研究所试验中所得的结果:

| 肥 料 ①             | 長池試驗場灰化粘壤土上的飼用甜菜产量<br>(公担/公頃) | Гранов試驗場厚層黑鈣土上的飼用甜菜产量<br>(公担/公頃) |
|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| NK+普通过磷酸钙         | 235.1                         | 173.4                             |
| NK+氮化过磷酸钙(3.05%N) | 256.1                         | 179.0                             |
| NK+氮化过磷酸钙(6.28%N) | 262.1                         | 162.6                             |
| NK+氮化过磷酸钙(7.49%N) | 281.9                         | 161.5                             |

在这些试验中,在灰化土上,氮化过磷酸钙中磷的肥效是随着所饱和的氮量的提高而增大的。而在黑钙土上,根据所了解的原因( $\text{P}_2\text{O}_5$ 可溶性的降低),过度强烈的氮化(达6—7.5%的N)是不适宜的。

应当把所谓“铵质过磷酸钙”与氮化过磷酸钙区别开来,前者是由普通过磷酸钙与硫酸铵混合而成的。

其他的双质肥料(KP、NK),至少在直接应用上并没有像NP双质

① 全部处理中氮的总量相同。

肥料这样的重要。例如 KP 双质肥料可以作为三叶草及改良草甸的肥料。但是在这种情况下，第一，这些作物并不如技术作物的经济价值高，对它们施用高价的浓缩性肥料是不大合理的，第二，这类作物对氯化物不敏感，因此，可以施用钾盐与磷酸盐的混合肥料；第三，这类作物所分布的地区，大都能够从水路得到钾盐。因此，生产这种双质肥料问题就不是首要的了。关于以磷酸钾为基础，混以  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  或  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  而制成三质肥料的问题，同样的是更不重要了。

至于 NK 双质肥料，在直接施用上是沒有一般性意义的，因为在仅施用氮（或钾）而不施磷，是極少的而且也是不合理的情况。但是这种双质肥料可能是制备三质肥料的一个步骤（或在工厂中，或在当地施用的同时，加入磷肥）。

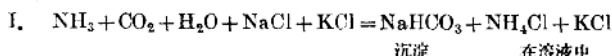
硝酸钾（ $\text{KNO}_3$ ）是不含填充物的这一类型双质肥料的唯一代表。关于在 Березник 制造  $\text{KNO}_3$  的可能性的问题，已经谈得不少了。这种化合物的缺点是钾的含量远远在氮之上（46%  $\text{K}_2\text{O}$ ，13% N），当然，这点可以由加入尿素或硝酸铵来克服。在制造  $\text{KNO}_3$  的工厂里，如欲将  $\text{KNO}_3$  作为制造三质肥料的原料，那么只要加以足量的磷酸氨（或磷酸二钙）并附加  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  或  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  等即可。

無論在 NP 配合的情况下，或者在有时由于技术程序上的理由，都迫使农学家們局部地采取不合于最理想的配合，但这项配合仅在 N 和 K 的成本較之其他双质肥料为低时才被采纳。在拟定生产所謂“氮钾”（пота́зот）（氯化钾铵—— $\text{KCl}$  与  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的混合物<sup>①</sup>，是制造烧碱的副产品）混合肥料的计划中便有这样的情况。如上所指，用索尔維氏法

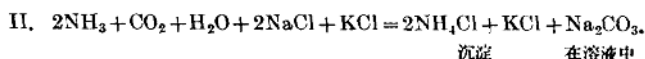
① 氮钾混合肥料是这种肥料的法国名称。这个名称是具有广告性质的，因为它没有提到其主要成分——氮。因为法国的文字“potasse”（钾）并不符合于我们的化学名词所代表的意义，所以应当承认，把这样的名字翻译过来是很不适当的。如果称为“氯化铵和氯化钾”混合肥料（хлористый калий-аммоний）又嫌过长，那么应当创造一个简短的名字，而且应该表示出来所混合的三个成分，即氮、钾与氯 [例如“氮钾钾”混合肥料（азка́лор）或“氮钾钾”混合肥料（амка́лор）]。

从NaCl中加入 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 来制造烧碱,得到了 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 的副产品。但是如果用含有NaCl及KCl的钾石盐来代替NaCl,那么在析出烧碱后的溶液中就剩下 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl}$ 的混合物。

借助于适当的选择 $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$ 、NaCl及KCl的比例,这个作用可分二个阶段进行。在第一个阶段,是析出苏打,而KCl与 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 的混合物仍留于溶液中:



第二个阶段,当有过量的氨时,便在沉淀中析出 $\text{KCl} + \text{NH}_4\text{Cl}$ 的混合物:



由这项方法所得到的KCl与 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 混合物是廉价的氮钾来源,因为全部费用中的很大部分是由苏打生产所负担。应当指出,要找出适用此种肥料的地方并不是那样容易的,因为它含有50%以上的氯,其 $\text{N} : \text{K}_2\text{O} = 1 : 2$ <sup>①</sup>,所以在每公顷加入45公斤氮时,就带入约180公斤氯。因此,施用这种肥料时,应当选择对于大量氯素不具感应的作物,例如谷类作物。在灰化土,如果不施石灰,对于亚麻是危险的,因为没有石灰, $\text{NH}_4\text{Cl}$ 的不良作用(与 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 比较)将因KCl的作用而更为强烈。但是,可以想像到的,施用少量,并与磷灰土粉同时施用,那么就可以减轻这种肥料对于土壤反应与植物生长的不良作用,特别是在部分的氮素来源是以 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 态供给的时候。

在黑钙土上散施 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl}$ 的混合肥料于甜菜及其他作物,以及在黄土性土壤上施用于棉花,均具有很大的成效。对马铃薯施用像 $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KCl}$ 的混合肥料,几乎应当完全废除,因为 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 本身已经会引起淀粉含量的降低而与KCl混合,这一影响必定加强。含氯在50%

① 法国工厂的产品就是这样,但是这个比例是有缩小的可能的。

以上的肥料,也完全不应对較好品种的烟草施用。因此,必須希望工業上在全部氮肥的生产中限制这类形态肥料的产額,使分配这种肥料于上述土壤与作物时,不致發生困难。这样,这种“含氯很高的濃縮肥料”也就無害于收获物的品質(應該要求苏打的生产能逐漸地用  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  来代替  $\text{NaCl}$ , 这样在获得氮肥时, 氯的含量將因  $\text{SO}_4^{2-}$  的增加而减低, 而  $\text{SO}_4^{2-}$  是很少有毒害作用的)。

**三質濃縮肥料(磷氮鉀类)** 如果双質肥料的生产, 其理論根据是从排除肥料中所不需要的陰离子和陽离子的意圖而出發的, 那么在三質肥料的生产上則是为了另外的理由——即为了生产有普遍性功效的完全肥料。同时, 使消費者可以不必考虑肥料的配合, 也無須自行配合。这样, 避免了那些可能使肥料功效降低的錯誤的發生。这种趋向, 在美国特別發展, 在那里远在工業上生产濃縮性肥料以前, 單質肥料的混合物即已广为流行。这种混合肥料至少含有三种植物所需的主要元素(既然是从單質肥料混合起来的, 所以其中一般都有鈣、鎂、硫以及少量硼錳之类的元素存在)。同时工厂里也生产着不同商标的肥料, 如“玉蜀黍用肥料”、“棉花用肥料”等等。

但是应当注意到, 对于肥料的需要性不仅取决于植物的种类, 而且也取决于土壤的性質。例如, 長在砂土上的馬鈴薯可能需要大量鉀肥, 但是長在黑鈣土上, 却需要施用磷肥。并且在同样的土壤中, 施了厩肥的馬鈴薯, 对于补充氮和磷的需要性將比鉀为切迫, 而未施厩肥的馬鈴薯便有所不同! 此外如三叶草和苜蓿在輪作中的比例, 也有一定的影响等等。因此也应当保持就地随机应变的可能性。但是对于三种肥料都經常需要的地区, 可將該地区所需肥料的大部分, 以三質肥料形态給予, 这也是可能的, 但是这类三質肥料不应仅用單質肥料混合, 而且也用两种双質肥料(如“磷氮”和硝酸鉀), 或者是一种双質肥料与一种單質肥料混合起来(如磷酸鉀和尿素或硝酸铵), 这样使制成的三質肥料得以同时具备双質肥料和三質肥料的优点。如果完全肥料的施用都有

同样的需要这样可以避免当地混合的劳动。如果不是这样,例如,在只需氮磷的地方,那么,当然的,钾就浪费了。在美国肥料被商人所利用,使消费者所需要的和不需要的都制成完全混合的肥料来出售。

除了在运输上非常经济(在我国情况下)以外,对于过多的氮或过浓的肥料具有敏感性的植物(氮素能降低产物的品质),当密集栽培时,在必需施用大量氮、磷、钾的情况下,应用这类浓缩性肥料还有特殊的优点。蔬菜作物就是这样,对于蔬菜作物除了产量外,还有它的味道也是重要的。如果把这种作物栽培于温室中,那么施用不含氮素的肥料(氮素一般是不需要的)具有特殊的意义。在这种情况下,不可能设想秋季和冬季的雨水将把不必需的盐分洗出。而当秋天在田间栽培马铃薯时,施用钾肥(或施于马铃薯的前作),便发生这样的淋洗。这点,上面已经讲到了。

这类完全肥料所含的氮、磷、钾间的比例及其所组成化合物的状态,都可能有所不同。假使要引入三种元素而又限于两种盐类,并且要把非必需的元素从混合物中完全除去,那么只有少数的配合方式是主要的,例如:

- (1)  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  和  $\text{KNO}_3$ ;
- (2)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  和  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ;
- (3)  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  和  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

可是因为在事实上,必须顾到尽可能经济的来生产所讲到的最浓缩的肥料,所以,毕竟允许掺入一定程度的填充物,因此,制备三质肥料的各种可能组合,也大为增多了。下列指出的组合方式,也部分地为西欧工业界所采用:

- (4)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$ ;
- (5)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ ;
- (6)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaHPO}_4 + \text{KCl}$ ;
- (7)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{CaHPO}_4 + \text{KCl}$ ;

(8)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{KCl} + \text{重过磷酸钙}$ 等等。

应当指出,关于各国工业上所出产的不同成品,其命名问题是不很容易的,因之,应该设法防止惯常的使用装着科学名词样子的许多名称;这些名词是从肥料商的价目表上来的,并且常以隐瞒产品的真实成分为目的(如上面我们所见的“лейненский 硝石”情形一样,它四分之三是“лейненский 氮”)。在这样情形下,对于三质浓缩肥料,不管其所含氮素的状态如何,而统称之为“氮磷钾”(“азофоска”系 азот、фосфор 及 калий 三字之缩写所组成)。是比较合适的。

NPК 类的浓缩肥料,除了一般的称为“氮磷钾”(азофоска),不分产品中是氨态氮或硝酸盐态氮以外,也可以对一些产品应用专有名词,以说明其氮的形态。假使产品中仅含有硝酸盐态氮(目下还没有),那么它就可以称之为“硝磷钾”(нитрофоска);如果产品中仅含氨态氮(这是有的),那么适当的名词是“氨磷钾”(аммофоска)。德国公司出产的一种称作“硝磷钾”肥料,它含有  $\frac{3}{4}$  氨态氮、 $\frac{1}{4}$  硝酸盐氮。这种“硝磷钾”一般的是只图利益的托拉斯商品,这点反映在它的成分上(含钾为主,磷含量很少)。过去认为“硝磷钾”有很多优点,是没有什么根据的。例如过去曾经强调说,这种“硝磷钾”肥料中氮磷钾的比例是相当于厩肥中的比例,所以说这一种比例也近于植物中氮磷钾的比例。过去曾经肯定过,以为植物的根能在每一个肥料的颗粒中,迅速找到氮磷钾是很重要的,但是,分根培养试验证明,将一束根供给氮,另一束供给磷,可以得到完全正常的植物(仅仅这点是正确的,例如把每一颗粒的尿素接入钾和磷的化合物是有利的。这样因尿素所形成的过量氮素的危险,便较分布得不均匀的单纯的尿素团粒为少)。这也同样是不正确的,以为似乎“硝磷钾”肥料之所以好,是因为其既含有“速效”的硝酸盐氮,也含有进入植物中较为迟缓的氨态氮。生理试验证明,当氨态氮与硝酸盐态氮同时存在于溶液中时,正常的(即能正常进行同化作用的)植物,恰恰是吸收氨态氮较快地于硝酸盐氮(这里将发生完全不同的因子的干扰作用——在缺少碳水化合物幼苗(如糖用甜菜),由于氮素进入植物体过快,超过了利用它来合成的可能速度,氮可能引起毒害作用,因为在植物幼株的叶面还没有展开之前合成作用还是比较弱的。

对于工业来说首先最重要的是要确定什么双质肥料具有最大的作用。不论它是用来直接施用或者还是作为制备三质肥料的原始材料。因为三质肥料的制造是由双质肥料混合而成的(甚至可以仅含一种主要营养物质的肥料予以混合,例如  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ ),如果何种盐类已经确定需要制备,那么各种不同类型的复合肥料就可以



用簡單的混合方法来制得。同时甚至各个肥料(如磷酸氮、硝酸氮、磷酸鉀等)的生产,可以在不同的地方根据当地原料和动力的供給情况而进行。至于不同类型肥料的混合,可以根据当地的需要情况組織进行。在原料供应允許的情况下,既然对某一种类型肥料有肯定的需要,就可以在生产的地点进行混合。

在比較濃縮肥料(無填充物的)和單質、双質肥料混合物的肥效时,必須考虑到这种混合肥料是由那些成分組成的。显然的,在酸性和緩冲度小的土壤上,經常在輪作中施用具有酸化土壤能力的“單質”肥料,它們的效用便可能不如濃縮肥料。例如,在留別列茨克試驗場輕質砂壤土的灰化土上的試驗,当比較輪作中施用这些肥料的效用时,所得結果如下(以不施肥区的产量为 100):

| 試驗条件    | 在“馬鈴薯、飼用苜蓿、燕麦”輪作中的总产量<br>(1923—1937年),以谷实单位計算 |                                                         |                                                                           |                                                                                      |
|---------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|         | 不 施 肥                                         | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ +<br>过磷酸鈣 + 含<br>40% K 的鉀鹽 | $\text{NH}_4\text{NO}_3$ +<br>$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ +<br>KCl | $\text{NH}_4\text{NO}_3$ +<br>$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ +<br>$\text{KNO}_3$ |
| 無厩肥     | 100                                           | 134                                                     | 150                                                                       | 210                                                                                  |
| 施用厩肥为基肥 | 100                                           | 112                                                     | 138                                                                       | 164                                                                                  |

在緩冲力大的土壤上进行了这些同样的肥料配合的比較試驗,正如所料的,沒有發現濃縮性肥料的这种优越性。

过去曾用“氮磷鉀”<sup>①</sup>类型肥料来进行大量不需要的試驗,这些試驗的結果只是白白地充斥了文献而已。我們当然可以理解,这些在代換量大的和鹽基飽和的土壤中,憑經驗来比較某一复合肥料和單質肥料的效用是完全不能把問題弄清楚。其实很显然的,在这种土壤中,如果对于單个肥料的反应已經知道,試驗氮、磷、鉀的可溶性鹽在它們

① 特别是德国所产,具有各种商标的“硝磷鉀”。