

# 复合肥料、专用肥料 及其在我国当前阶段发展浅见

吴振邦

(上海市农科院土肥所)

复合肥料一般系指肥料商品中,含有两种或两种以上营养元素的肥料品种,也叫综合肥料或多养分肥料(*multiple nutrient fertilizer*),是目前世界肥料工业生产和发展的主要肥料形态,也是发达国家投放农业的主要肥料品种。按其营养成分复合或综合的工艺或二次加工方式,可分为以下三种类型。

1. 化成复肥(复肥) 养分的含量和比例决定于生产流程中的化学反应及化合物的化学组成(化成),不用配混方式调节,一般属二元型,无副成份,可长期存放。如含 $N-P_2O_5$ 为11—48%的磷酸一铵( $NH_4H_2PO_4$ );含 $N-K_2O$ 为13—44%的硝酸钾( $KNO_3$ );含 $P_2O_5-K_2O$ 为58—37%的偏磷酸钾( $KPO_3$ )。

2. 配成复肥(配肥) 养分的含量和比例系在生产流程中经配入单一肥料或由几种单一肥料按工艺配方配制后决定,因而可按不同要求予以调节,范围较宽,一般在生产厂中制成产品(如造粒),配成过程中可产生部分化学反应,大都属三元型,常含有副成份,如尿磷钾,硝磷钾型三元复肥。

3. 混成复肥(混肥) 虽然,早在1850年美国巴尔的摩州已有氮磷两元混肥供应,但直到本世纪五十年代前后才首先从北美、西欧迅速发展起来。混成复肥一般由肥料销售系统(肥料商、配肥站)或农户按农化要求(农化配方),由单一肥料掺混或经二次加工而成,养分的含量和比例可作较大幅度调节,可二元或多元,常含副成份,一般随混随用,不长期存放。其和配成复肥的基本区别在于:二次加工不在生产厂中完成,主要按特定的土壤和农作物要求确定配方(农化配方),而非受制于单一肥料来源及工艺流程(工艺配方)。如由硫酸铵、磷酸和硫酸钾固体散装掺混的三元混肥等。我国由农户现混现用的普钙和碳铵混肥,也应属于这一类型,但其养分含量低,伴随多种各有利弊的化学反应,故有效掺混的条件是严格的。

复肥可以是固体的,也可以是液体的,属化成类型的液体复肥如含 $N-P_2O_5$ 为8—24%的液体磷铵,11—34%的液体多磷铵;属配成的如 $N-P_2O_5-K_2O$ 为8—16—12%的三元液体复肥,混成的比例和类型更多。

因此,当我们讨论复肥问题时,宜先注意复合肥料是包含化成、配成、混成三种类型的多成份肥料的统称。目前在不同国家,不同地区和不同行业之间,对上述分类概念尚有差别和含混,但如果着重注意从多种养分综合的方式和流程进行考察,就易于统一。

## 一、复合肥料的发展

复合肥料的产生和发展,在现代化农业生产的发展中带有某种必然性。

本世纪三十年代以后,从西欧各国开始,农作物单产的提高,已在很大程度上依赖于化肥数量的增加和化肥工业的发展。

随着化肥数量和品种的增加,特别是单一肥料(如氮肥)接近满足时,随着农业机械化的发展,特别是施肥由人工转向机械时,对一季作物进行多次施用几种单一肥料,虽然已不适应集约化和高效率农业生产的要求,于是由农户自行掺混几种单一肥料施用便日益普遍。

随着化肥工业的日趋完善和大型化(如日产 $P_2O_5$  1000—1200吨的单系列装置和日产1000吨合成氨的装置已很普遍),特别是萃取磷酸工业的发展和氮磷生产工艺的相互结合(如以磷酸进行氨加工,制成各种磷铵),生产多成份的复、配、混肥明显的具有资源利用合理,经济效益高和产品质量好的优点。因而二次大战前后,各种以磷酸盐工业为基础的复肥工艺迅速发展,有了大规模的商品生产。

在农业发达国家中随着化肥销售与农业化学服务(土壤诊断、营养诊断、施肥建议或推荐施肥,代行施肥等)的日益相结合,因土因作物选择多成份化肥品种,已成为指导农作物施肥的一项基本要求。于是,通过复、配、混肥这一商品纽带,使化肥的生产,销售和施用系统相互依赖,进一步结合,使施肥效果得到进一步提高。

据此,我们可以把化肥数量和品种的发展,化肥生产工艺的发展和化肥销售系统与农化服务的协调发展,看作复合肥料发展的共同基础。只有这样,我们才可以理解,为什么即使是近十年,复、配、混肥也仍然是在农业发达国家得到普遍施用。

据联合国粮农组织(FAO)统计,五十年代末(1959/60年度),全世界年消费化肥2713万吨( $N+P_2O_5+K_2O$ ,下同),其中复肥形态的 $N, P_2O_5, K_2O$ 分别占13.2%、13.7%和9.9%,但西欧各国和美国施用的复肥比例已达50%左右,苏联的复肥产量尚不足化肥生产量的1.5%,发展中国家基本施用单一肥料。近几年,以1981/82年度为例,全世界消费化肥达1.15亿吨,其中各种复肥约占50%,但发达国家消费的7715万吨化肥中,复肥平均占70%以上,美、英、法、日、西德各国,以复肥形态施用的 $N, P_2O_5, K_2O$ 分别占27.9—81.8%, 77.4—91.9%, 64.3—85.6%。发展中国家则化肥施用量少,复肥比例低,即使施用较多进口化肥的印度,复肥比例仅占26.5%( $N+P_2O_5+K_2O$ ,其中 $N$ 仅9.6%)。

重视复肥发展的这些基础,可能有助于避免仅仅引用国外 $N, P_2O_5, K_2O$ 消费比例较平衡和复肥比例较高的资料,以论断我国复肥发展的简单化倾向。

## 二、复肥的品种和型号

当前各国已商品化的复肥品种,多者数千种,少者几十种至几百种,不胜枚举。为便于销售系统和施用者选择,对大量而繁复的复肥品种,常根据工艺流程的特点,并结合施肥要求来划分复肥的基本型号。

表1 复肥按浓度(品位)划分基本型号

| 复肥类型 | 配成磷源     | 1:1:1型养分含量(例)<br>$N-P_2O_5-K_2O\%$                     |
|------|----------|--------------------------------------------------------|
| 低浓复肥 | 普钙       | $\begin{cases} 6-6-6=18 \\ 5-5-5=15 \end{cases}$       |
| 中浓复肥 | 重钙,普钙或磷矿 | $\begin{cases} 10-10-10=30 \\ 12-12-12=36 \end{cases}$ |
| 高浓复肥 | 磷铵,磷矿或重钙 | $\begin{cases} 15-15-15=45 \\ 17-17-17=51 \end{cases}$ |

欧美各国及苏联常以获得磷素的工艺流程及养分比例与含量(即品位或浓度)范围以区分三元复肥基本型号,最简单的方式如表1。

较详细的划分法系以分解磷矿的工艺流程和配入肥料为基础,结合养分的含量和比例区分(图1,表2)。

日本除以生产工艺不同划分复肥为粒状

复合、粉状复合、包被复合、液状复合等类型外,对施用者较有参考价值的是以氮磷钾三种养分含量的相对高低作为主要划分依据,兼及品位及形态,共有12种基本型号(表3)。

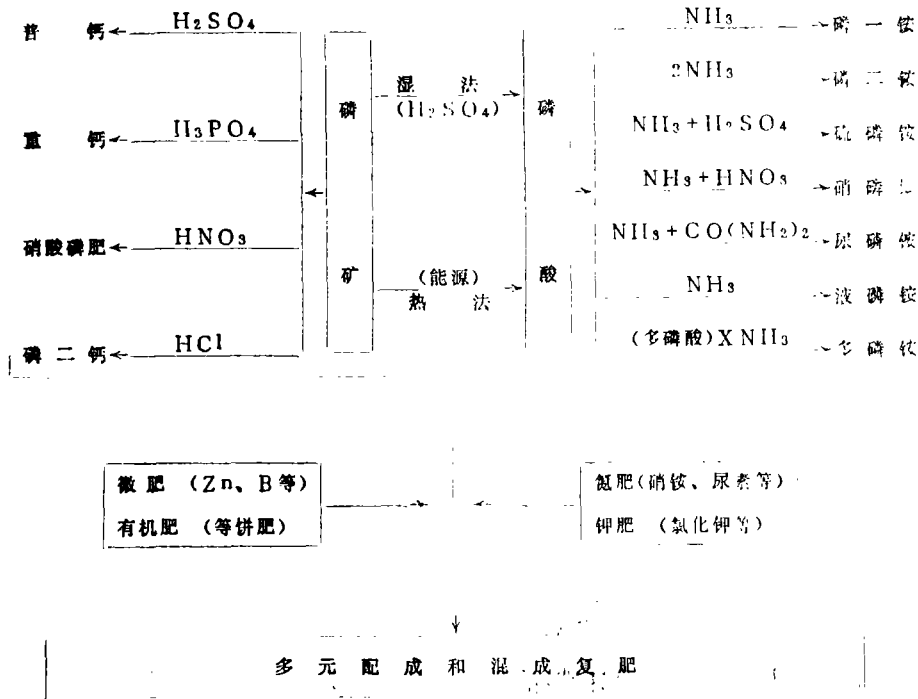


图 1 由磷矿制取化成、配成和混成复肥简介

表 2 复合肥料基本类型 (按养分来源)

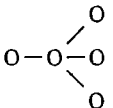
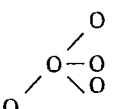
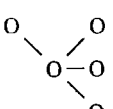
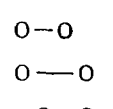
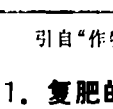
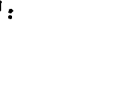
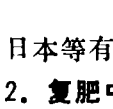
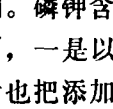
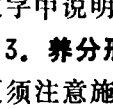
| 复 肥 类 型  | 养 分 来 源         |                               |                  |
|----------|-----------------|-------------------------------|------------------|
|          | N               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 氮 磷 (高浓) | 尿素+磷铵, 硝铵       | 磷铵, 重钙, 多磷酸                   | —                |
| 氮 磷 (中浓) | 硝铵, 硫铵, 硝酸磷肥    | 硝酸磷肥, 浮钙                      | —                |
| 氮 磷 (低浓) | 氨(用于氨化), 硫铵, 硫铵 | 普钙(经氨化)                       | —                |
| 氮 磷 (液体) | 磷铵, 多磷酸, 硝铵     | 磷铵, 多磷酸                       | —                |
| 硫 磷 钾    | 硫铵, 硫铵+磷铵       | 磷铵, 重钙                        | 硫酸钾 (氯化钾)        |
| 硝 酸 钾    | 硝铵, 硝钙, 硝酸磷肥    | 硝酸磷肥, 沉钙                      | 氯化钾 (硫酸钾)        |
| 尿 磷 钾    | 尿素, 磷铵, 多磷酸     | 磷铵, 多磷酸                       | 氯化钾 (硫酸钾)        |

因而从施肥要求选择复肥品种时,需要了解的商品型号信息,主要是以下几个方面。

首先是生产复肥的基本工艺及原料。复肥的品位高低主要取决于工艺,特别是对磷矿的处理方式和配入肥料的养分浓度。可以说,没有大规模的萃取磷酸或磷矿分解工业,就不可能有大规模的复肥工业。了解了某一型号复肥中的磷源及配入肥料,就可大体了解其品位高低等基本情况。如由萃取磷酸用氨中和(或分解磷矿)并配入尿素、硝铵、氯化钾等,必然获得各种高浓型号,如19—19—19%的尿磷钾复肥。而以普钙为基础的复肥,一般只能获得中、

低浓类型复肥，其它信息简述如下。

表 3 复肥中养分比例的模式和类型(日本)

| 养分比例 (N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O)                         |     |  | 养分含量 (N—P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —K <sub>2</sub> O%) |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|--|-----------------------------------------------------------|---------------|
| 模 式                                                                                 | 类 型 |  | 粉 状                                                       | 粒 状           |
|    | 平 上 |  | 5—5—7 = 17                                                | 12—12—16 = 40 |
|    | 水 平 |  | 5—5—5 = 15                                                | 14—14—14 = 42 |
|    | 平 下 |  | 6—6—5 = 17                                                | 8—8—5 = 21    |
|    | 上 升 |  | 4—7—9 = 20                                                | 6—8—11 = 25   |
|    | 上 平 |  | 4—7—7 = 18                                                | 10—20—20 = 50 |
|   | 山 峰 |  | 4—7—4 = 15                                                | 6—9—6 = 21    |
|  | 山 谷 |  | 6—4—5 = 15                                                | 14—10—13 = 37 |
|  | 下 平 |  | 6—5—5 = 16                                                | 18—11—11 = 40 |
|  | 下 降 |  | 7—6—5 = 18                                                | 14—12—9 = 35  |
| O—O                                                                                 | 氮 磷 |  | 3—20—0 = 23                                               | 18—35—0 = 53  |
| O—O                                                                                 | 氮 钾 |  | 16—0—12 = 28                                              | 18—0—16 = 34  |
| O—O                                                                                 | 磷 钾 |  | 0—3—14 = 17                                               | 0—15—15 = 30  |

引自“作物的营养与肥料”(1979)，日本东京农业大学。

1. 复肥的品位 因其高低相差悬殊，故常可将其归纳成一些基本类型。通常划分为三种：

|     |                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------|
| 品位制 | N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O% |
| 低 浓 | < 20                                                  |
| 中 浓 | 20—40                                                 |
| 高 浓 | > 40                                                  |

日本等有些国家常不划分中浓一档，而以30%为界，划分高、低浓两档。

2. 复肥中的养分比例 通常只以主要养分氮磷钾用于标称二元或三元类复肥的含量和比例。磷钾含量一律用氧化物(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)表示，其方式一是以其实际含量，如15—15—15%，一是以氮(N)含量为1，然后以P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>与K<sub>2</sub>O含量与其相比，如1:1:1, 1:0.5:0.5型。有时也把添加的MgO标入，作为第四个元素，但加入的微量元素一般均不在型号中标明，只在文字中说明。

3. 养分形态 最主要的是磷素的溶性(枸溶和水溶比例)，水溶率高的复肥，供磷强度高，但更须注意施用方法；氮素要注意是NH<sub>4</sub>—N、NO<sub>3</sub>—N还是尿素态，尤其是NO<sub>3</sub>—N在氮素中的比例，如果含量高，用于水田就不适宜，但用于旱作和蔬菜等作物常效果较好。其他如配入的镁、铁或微肥的形态也要注意。

4. 副成份的含量和形态 配成和混成的三元复肥中一般都带有副成份。如钙、铁、硫、氯等。其中最重要的是须了解随钾素配入的是硫酸根(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)还是氯根(Cl<sup>-</sup>)，因对大部分经济作物，有忌用多量氯(Cl<sup>-</sup>)和需要配施一定硫的要求。

5. 添加成份 复肥中常添加少量镁、微肥甚至硝化抑制剂、激毒、除草剂等物质，必须了解其特殊作用和使用禁忌。以一般大田作物的施肥角度看，除了专用复肥，应以选用只含主要养分氮磷钾的为妥，有些复肥还有着色剂，如用于花卉的着成绿色，红色等，也应了解。

9. 剂型 如粒状、球状、粉状和液状等。最常用的为粉状和粒状,粒状须注意其粒度,通常对粒度>3—4毫米的复肥须十分注意施肥位置,不然会影响其早期肥效的发挥。粉状复肥须注意其细度及混和的均匀度。

### 三、专用复合肥料(Specialty fertilizer)

初期生产的复肥,大都系通用型的,以销售到广泛的地区和施用于多种作物为目的。其主要养分氮磷钾的含量、比例和形态,有的完全依据于工艺流程,不加调节,如磷铵;有的将其调节成养分完全而比例平衡的型号,并为便于贮运,尽可能生产高浓类型的,如1:1:1型中的15—15—15%及19—19—19%配成复肥。当这类型号的复肥施用于不同土壤,不同作物和作物生育的不同时期时,或在同一地区长期施用一种类型复肥时,还须针对实际的施肥要求,用不同的单一肥料与之搭配施用。

以后,随着对施用通用类型复肥的效果、利弊的分析和经验总结,随着化肥生产工艺和销售系统的完善,以及农业化学服务的发展,一方面在一些国家发展了能按一定要求现配现混的配肥站,另一方面也发展了能针对特定土壤和作物的专用复合肥料。如桑专用肥料,茶专用肥料以及加锌专用肥料(适用于土壤缺锌地区的某些作物)等。而若干适用于蔬菜等作物的专用肥料中,还常加入一定量的镁。表4列举出适用于一些经济作物的专用复肥作为实例,但须注意,即使对同一种作物,不同国家和地区,也可配制不同成份和比例的专用复肥。

表4 若干经济作物专用复肥的主要成分

| 适 用 作 物 | 型 号 举 例                                                 |
|---------|---------------------------------------------------------|
|         | N—P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —K <sub>2</sub> O—MgO % |
| 茶       | 25—0—15—0                                               |
| 桑       | 8—8—6—2                                                 |
| 橡 胶     | 8—12—12—0                                               |
| 花 生     | 5—10—15—0                                               |
| 油 棕     | 15—15—6—4                                               |
| 蔬 菜     | 12—22—12—3                                              |
| 葡 萄     | 8—6—14—0                                                |

注: 1. 适用同一种(类)作物的专用复肥可能有几种型号;  
2. 视实际需要,可对某种专用肥添加一种或几种微量元素。

近二三十年来,专用肥料受到日益重视,发展较快。这可能主要是基于以下原因。

1. 每一种专用肥料都有明确的施用对象。一般在针对特定土壤类型的基础上,都针对一种或几种特定的作物,因而使生产目的与施用效果直接相联系,有利于发展专业化生产、机械化作业和专业化施肥。

2. 专用肥料的配方,主要依据于施用对象的具体要求。因而对某一具体产品用于特定土壤和作物的施肥要求(施肥量,施肥期,施肥深度与方法,可否喷施,是否含氯等)都有具体明确的规定,这样就使关于科学施肥的知识和技术要求,能随肥料销售一起送到用户手中,是施肥知识普及和施肥技术推广的一种好形式。

3. 从农业化学角度看,可以把化肥施用量的增长过程和对作物产量的影响,划分为两个基本阶段。第一个阶段为针对土壤中某些养分的缺陷(不足)而采取的所谓“矫正”施肥(补足施肥)阶段。如对严重缺氮的土壤主要供氮,对缺磷的土壤主要供磷等,一般连续“矫正”多年以后,某种养分将会有所积累,直至达到较为充足。如果几种主要养分的缺陷得到“矫正”,就可能进入主要针对作物营养要求的第二阶段,即所谓“平衡”(维持)施肥阶段。其施肥的主要目的是按作物的吸肥要求,平衡作物从土壤中携出的养分以保持和提高土壤的生产力。

前一阶段,往往肥料数量是主要矛盾,以提高作物单产为主要目的,随着施肥量的增长,作物由低产到高产,或者连续数年增产;后一阶段往往以肥料中养分的平衡为主要矛盾,作

物产量的反映常是稳产高产，并十分重视农产品的质量和提高作物抗性等特殊的营养要求。这如同人类食物的发展一样，食物结构的改变和合理化，只有在基本食物丰富，数量得到满足的前提下才能实现。

农业发达国家及某些发展中国家或地区，特别是它们种植的一些经济作物，可以说大部已进入平衡施肥阶段，所以针对作物营养与施肥要求的专用肥料便应运而生。只是在某些国家，如美国，由于农化服务的高度发展，按农化配方随混随施肥十分普及。混成的复肥常不成稳定的品种，因而不常用专用肥料这一名词。此外，从我国不少地区当前急需调整肥料结构中氮磷钾养分比例的现实要求看，从经济作物开始发展专用复肥，可能是比较实际的有效途径之一。

#### 四、对我国发展复肥的浅见

我国早在1963年即已完成磷酸铵的中间试验，1966年开始小批量生产；1964—66年进行了碳化法生产硝酸磷肥(18—12—0%)的中间试验；1968—70年试产了一批用于烟草的共八种标号的三元配成复肥，经田间试验，以品位13.9—9.5—7.7%的三号肥效果较好；1971—74年，有用于棉、麻等作物的18—12—6%及15—15—15%等品位的三元配肥试验，以后又有液位磷铵、冷冻法硝酸磷肥，其它类型三元配、混肥料的研制和田间试验，一般都有较好的肥效。

随着近几年化肥工业的急速发展，我国已跃入单位面积耕地施肥量较高的国家行列，因而要求生产和施用各种复肥的呼声也随之日高。1970年以来，主要通过进口，在一些地区已连续多年施用复肥，1979年全国达100万吨(占当年化肥实物量的1.8%)。看来，发展复肥已势在必行，并已成为化肥生产部门的一项决策。但在发展复肥问题上，不同部门与不同专业之间意见尚不一致。

能否简单地以国外复肥比例如何高，复肥效果如何好作为我们讨论的出发点？显然不全面。国外发展复肥的工业基础是有高品位磷硫资源和高能耗条件，有大规模联合生产氮磷肥的基地和生产各种配、混肥的条件。国外大量应用复肥的国家，其农业生产大都已高度集约化、机械化和专业化。由于机械施肥的普及，劳力和贮运费用的昂贵，复肥，尤其是那些高浓复肥，具有广阔的销售市场。发达国家的化肥销售系统不仅完善，而且有进行诊断和指导施肥，甚至代行施肥等良好的农化服务，有利于用户选配适宜的复肥品种，提高施肥的效果。国外复肥品种型号的基本特点是高浓(品位 $\geq 40\%$ 为主)，高磷钾( $P_2O_5$ 和 $K_2O$ 含量 $\geq N$ 者居多)及高基肥比例(对多种作物常采用一次施肥)和机械施肥。尤其当与高度灵活的配混和多品种(以适应用户需要)相结合时，复肥的长处就可获得充分发挥。

因此，我们只能从我国的国情出发。当前国内化肥产、销、用的基本特点是低浓度的单一化肥产品为主，碳铵和普钙占有较大比重；低水平的农化服务，难以保证因土因作物选用适宜的复肥品种；低基肥比例的传统施肥技术(多次人工追施化肥为主)，以及长期小规模的分散种植，耕作制度复杂，有机肥占有较大比重(提供的N约占50%， $P_2O_5$ ， $K_2O$ 可占70—80%以上)等，都是大规模发展复肥的限制因素。

尤须指出，我国多数地区只是在1978年以后才普遍提高施肥水平，累计施肥量低，且不同地区间的差异悬殊，多数地区尚处于针对土壤养分半缺状况进行“矫正”的施肥阶段，尚未普遍进入按作物营养要求的平衡施肥阶段，这是在预测我国复肥市场时必须考虑的一个重要因素。

据此, 仅以施用这一环节为主, 对我国发展复肥问题提出若干浅见。

1. 我国发展复肥的关键之一, 是须对当前我国主要土壤和作物对复肥类型和数量的要求作出预测和农化评价。为此, 似应继续组织全国性的统一的复肥与单一肥料的肥效比较和农化评价试验(包括若干连续试验)。过去虽有一定试验结果, 但其基本结论认为, 单肥和复肥只要养分相等, 肥效也相当, 这与其他国家获得的多数结论不甚一致。其原因有待分析。但可能的一个因素, 在于我国供试的土壤基础肥力较低, 复肥主要作为“矫正”土壤中一二种不足的养分而起作用, 并未充分发挥平衡施肥的作用; 同时, 试验常采用习惯施肥法(追肥为主), 这对单一肥料(尤其是氮肥)较为有利。

2. 我国似应尽快建立有广泛横向联系的, 包括工艺, 市场经济和农化评价即产、销、用三位一体的复肥开发中心。以通过调查研究、试验研究、试点和示范, 对我国发展复肥作出全面规划, 协调各个方面的意见和工作, 提供权威性意见, 并组织适应国情的复肥品种开发工作。

3. 我国应有计划地建立和加强与化肥销售系统结合的农化服务工作, 以把指导化肥商品合理施用的业务, 如同农药那样移到商业部门。国外经验证明, 在化肥生产厂或农业部门设立指导施肥的农化服务机构, 都不如放在商业系统或生产厂的销售部门为好。只有与销售相结合, 才更易使技术服务与商品知识融为一体, 把施肥技术要求随同商品一起送到农户手中。

4. 选择复肥品种上, 似应从我国当前农业生产的实际需要出发, 不强求高浓, 不排斥中、低浓; 不强求高磷钾, 不搞无根据的求全, 不随便添加微肥及其他物质; 不大幅度提高成本、销售价和养分单价; 不搞过份宣传和硬压复肥生产指标。

更具体些说, 我国当前发展复肥的第一步, 似应以专用复合肥料为主; 以用于经济作物为主; 以配成混成工艺为主。这是因为: 首先, 近期内我国能用于生产复肥的资源 and 单一肥料还有限, 专用肥需要量一般不大, 原料容易解决。其次, 经济作物有较高的营养要求, 产品的经济价值高。目前我国多种经济作物的产量和品质与国外差距较大, 通过平衡施肥可望大大改善; 种植经济作物的地区集中, 专业化程度高, 施肥要求较一致, 易于保证专用复肥的效果。第三, 国外可供借鉴的专用肥的配方和经验较成熟。第四, 经济作物种植地区的专业化, 集约化程度高, 使用专用复肥, 容易形成复肥产、销、用一体化, 开展农化服务的基础好, 较为有效, 有利于提高复肥效果, 建立复肥威信。

此外, 不论是农业部门还是化工部门, 都可从专用复肥的发展中得取经验, 解决复肥发展中的实际问题, 有利于取得一致意见。

(参考文献略)