

# 中国化学肥料发展及其对农业的作用

石元亮 王玲莉 刘世彬 聂鸿光

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

**摘要** 回顾了我国化学肥料生产、应用的发展历程, 探讨了由于化肥施用所引起的土壤养分平衡的变化; 着重对稳定型肥料、复合肥和包膜肥三项新型肥料技术的研究进展进行了较为翔实的综述; 基于我国化肥产业的现状, 指出了我国化肥存在着品种结构不合理、投入量低、化肥资源配置不合理、养分投入比例不平衡、新型高效肥料发展缓慢等一系列问题, 并对这些问题进行了分析; 最后展望了我国肥料发展的趋势。

**关键词** 化肥; 发展; 现状; 趋势

中图分类号 S143 文献标识码 A

土壤是农业的基础, 肥料是作物的“粮食”, 化肥是当前世界粮食生产增长不可缺少的重要因素。据联合国粮农组织 (FAO) 的数据统计, 化肥的增产作用占到农作物产量的 50%。我国全国化肥试验网试验统计, 施用化肥对我国粮食产量的贡献率为 40.8%。化肥的使用极大地推动了农业生产的发展, 较大幅度地提高了作物的产量, 保障了我国粮食安全, 对国民经济的发展和促进农业增产增收具有十分重要的作用。

## 1 中国化学肥料生产应用发展历程

### 1.1 化肥工业发展历程

1901 年化肥由日本传入我国台湾, 1905 年传入我国大陆。新中国成立前, 我国只有大连化学厂和南京永利铔厂, 产品也只有硫酸铵一种。我国化肥产业是在 1949 年新中国成立后, 在党的大力发展农业的方针指导下迅速发展起来的。至今已经形成了一个氮肥、磷肥基本自给, 钾肥尚有缺口的国家, 其历年产量详见表 1。

我国化肥产业的发展是先氮肥、后磷肥、再钾肥、复合 (混) 肥的次序, 实践证明, 我国化肥产业的发展进程和顺序, 基本符合我国工业基础和客观经济实际以及农业发展的需求。

**1.1.1 氮肥工业的发展** 20 世纪 60 年代我国氮肥产业的发展, 走了一条从兴建中型氮肥厂, 大力发展小型氮肥厂, 再引进大型氮肥装置, 到老装

置进行技术改造及产品结构调整的路子。目前我国氮肥产业已发展成有 570 多家企业, 其中大型 28 家、中型 52 家、小型 490 余家。生产的氮肥品种从原来的硫酸铵一种, 发展到目前的尿素、碳酸氢铵、硝酸铵、硫酸铵、氯化铵等十余个品种, 其中尿素的产量和消费量已分别占氮肥总量的 60% 左右, 基本满足了农业的需求。

表 1 中国化肥历年产量<sup>[1]</sup>

Table 1 Fertilizer outputs in the past years<sup>[1]</sup> (10<sup>4</sup> t)

年份 Years	化肥总量	氮肥	磷肥	钾肥
	Gross output of fertilizer (N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O)	N fertilizer (N)	P fertilizer (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K fertilizer (K <sub>2</sub> O)
1949	0.6	0.6	0	0
1955	7.9	7.8	0.1	0
1960	40.5	19.6	19.3	1.6
1965	172.6	103.7	68.8	0.1
1970	243.5	152.3	90.7	0.5
1975	524.7	370.9	153.1	0.7
1980	1 232	999.3	230.8	2.0
1985	1 322	1 144	175.8	2.4
1990	1 879	1 463	411.6	4.6
1995	2 497	1 858	618.6	22.35
2000	3 133	2 398	663.0	72
2005	4 907	3 576	1 075	256
2006	5 304	3 869	1 226	208.9

氮肥产业具有技术密集程度高、能源消费大、

环境影响大、投资费用多等特点。在 20 世纪 50~60 年代, 我国经济困难时期, 针对农业发展对氮肥的迫切需求, 以我国丰富的煤碳资源为原料, 从前苏联引进了几套氮肥生产技术和装置, 并在此基础上通过引进、消化吸收、再创新, 建成一批以生产尿素为产品的中型 (年产 6 万 t 氨、8 万 t 尿素) 氮肥厂。从此, 开创了我国农业施用尿素的历史。这批中型氮肥厂的建成投产, 为我国氮肥产业奠定了发展基础, 它们是我国氮肥工业的摇篮。接着在我国著名化工专家侯德榜博士技术指导下, 自主研制成功了联产碳酸氢铵的“碳化法生产工艺”, 利用国产装置先后建成了一大批 (1 000 多家) 以生产碳酸氢铵为产品的小型 (初为氨 3 000 或 5 000  $t a^{-1}$ , 现已改造成 3 万  $t a^{-1}$ ) 氮肥厂。从 20 世纪 80 年代起, 我国的氮肥产量迅速提高, 小

氮肥的产量在 20 世纪 80~90 年代占全国氮肥总量的 1/2 左右。小氮肥的兴起与发展是我国国情的特殊产物, 它的发展为我国农业的大发展作出了巨大贡献。

随着农业生产对氮肥需求量日益增长和我国石油、天然气资源的不断开发利用, 在 20 世纪 70~80 年代, 我国以石油和天然气为原料从美国、日本、法国、荷兰等国引进了一批大型氮肥生产装置 (年产氨 30 万 t 尿素 48~52 万 t), 在 90 年代从德国、意大利等国又引进了一批以渣油、水煤浆、粉煤为原料的大型氮肥生产装置。从此我国尿素的产量得到了迅速提高 (见表 2)。大型氮肥生产技术装置的引进, 使我国氮肥生产技术水平跻身了世界先进行列, 同时也带动了国内氮肥生产技术水平和管理水平的迅速提高。

表 2 近几年中国尿素的表观消费量

Table 2 Apparent consumption of urea of China in recent years ( $10^4 t$ )

年份 Years	进口量 (实物量) Import quantity	出口量 (实物量) Export quantity	产量 Output		表观消费量 Apparent consumption		消费量同 比增长 Increase in consumption (%)	自给率 Ratio of self-support (%)
			实物量 Material output	折纯量 Output of pure nutrients	实物量 Material output	折纯量 Output of pure nutrients		
1995	696.2	4.66	1 795	825.7	2 486	1 146	—	72.7
1996	576.3	19.74	2 060	947.6	2 616	1 206	5.32	78.7
1997	341.9	35.05	2 290	1 053	2 596	1 197	-0.75	88.2
1998	11.91	12.51	2 636	1 212	2 635	1 214	1.48	100
1999	6.81	5.38	2 937	1 351	2 938	1 354	11.5	100
2000	0.0025	96.14	3 027	1 392	2 931	1 351	-0.26	103.3
2001	0.0024	127.1	3 163	1 455	3 036	1 399	3.58	104.2
2002	79.07	41.3	3 482	1 601	3 520	1 622	15.94	98.9
2003	13.92	273.0	3 635	1 671	3 376	1 553	-4.09	107.7
2004	3.8	394.3	4 182	1 923	3 791	1 744	12.3	110.3
2005	7.1	157.1	4 337	1 945	4 187	1 926	10.42	103.6

1.1.2 磷肥工业的发展 我国的磷肥生产始于 1942 年, 当时在昆明建设了以生产过磷酸钙为主的裕滇磷肥厂, 由于销售量有限, 开业半年即停产。1949 年新中国成立时, 大陆地区没有磷肥企业, 仅在我国台湾基隆和高雄有年产 3 万 t 生产过磷酸钙的 2 家企业。

20 世纪 50 年代初期, 我国开始进行磷肥生产技术研究和开发工作, 当时在前苏联的帮助下, 在南京和太原分别建成了 40 万  $t a^{-1}$  和 20 万  $t a^{-1}$  生产粒状过磷酸钙的生产装置, 由此奠定了我国最早

的磷肥产业基础。

20 世纪 70 年代随着农业生产对氮肥的大量投入, 土壤中缺磷现象日益显露出来, 农业强烈要求磷肥的生产供应。为此, 以国产中低品位磷矿为原料, 以生产过磷酸钙和钙镁磷肥为产品的磷肥厂在全国各地迅速发展起来。

在 20 世纪 80~90 年代, 为解决农业对高浓度磷肥需求, 我国从美国、法国、西班牙等国引进了十几套年产 24 万 t 或 48 万 t 的大型磷铵生产技术装置和年产 60 万 t 氮磷钾复合肥生产技术装置, 并依

靠自有技术建设了 80 多套年产 3 万 t 的小磷铵生  
产装置, 从此我国高浓度磷肥的生产有了迅速发展

(见表 3)。目前高浓度的磷肥产量已占磷肥总产量  
的 60% 以上。

表 3 中国历年磷肥产量及产品结构<sup>[1]</sup>

Table 3 Output and product structure of phosphorous fertilizer in the past years<sup>[1]</sup> ( $10^4$  t  $P_2O_5$ )

年份 Years	总产量 Total output	高浓度磷肥 High density-P 产量 Output (%)		磷酸 二铵 <sup>①</sup>	磷酸 一铵 <sup>②</sup>	氮磷钾 三元复 合肥 <sup>③</sup>	重过磷 酸钙 <sup>④</sup>	硝酸 磷肥 <sup>⑤</sup>	过磷 酸钙 <sup>⑥</sup>	钙镁 磷肥 <sup>⑦</sup>
1955	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.1	—
1960	19.3	—	—	—	—	—	—	—	13.7	5.3
1965	68.8	—	—	—	—	—	—	—	44.1	24.7
1970	90.7	—	—	—	—	—	—	—	56.7	33.9
1975	153.1	—	—	—	—	—	—	—	102.9	47.6
1980	230.8	—	—	—	—	—	—	—	164.6	61.5
1985	175.8	—	—	—	—	—	—	—	134.5	38
1989	366.3	—	—	—	—	—	—	2.1	263	90
1990	411.6	—	—	—	—	—	—	2.6	290	97.5
1991	455.5	—	—	—	—	—	6.2	4	320.3	100.5
1992	455.3	—	—	—	—	—	5.9	5.1	324.9	93.7
1993	416.8	—	—	—	—	—	5.5	5.1	307.8	70.4
1994	497	67	13.5	15	29	10	7.6	5.6	341.7	87.9
1995	619	93	150	21	34	22	10	6	391.4	20.5
1996	575	109	18.9	28	47	15	12	7	384.9	80.5
1997	641	132	20.6	34	65	11	14	8	418.2	91.2
1998	663	155	23.4	42	71	14	19	9	—	—
1999	655	199	30.4	45	87	28	26	13	—	—
2000	663	235	35.4	69	79	59	19	9	—	—
2001	739	296	40.1	97	100	71	18	10	—	—
2002	805	368	45.7	123	125	85	25	10	—	—
2003	909	449	49.4	161	149	101	29	9	—	—
2004	1 017	549	54	204	192	105	40	8.8	—	—
2005	1 125	678	60.3	233	255	135	48	7.1	—	—

①Diammonium phosphate, ②Monoammonium phosphate, ③NPK compound, ④Double calcium super phosphate, ⑤Nitro-phosphate, ⑥Superphosphate, ⑦Calcium magnesium phosphate

我国磷肥产业经过 50 余年的发展, 现已有磷肥  
企业 395 家, 复合肥企业 104 家。其产品的生产由  
低浓度向高浓度发展, 从单一品种(过磷酸钙)向多  
品种(钙镁磷肥、重过磷酸钙、磷酸一铵、磷酸二铵、  
氮磷钾三元复合肥等)复合化发展; 企业从小型(年  
产 5 万 t 以下)发展到中型( $10$  万  $t a^{-1}$ )、大型( $20$   
万  $t a^{-1}$ ); 布局从邻近市场发展邻近原料产地或  
港口; 产品加工路线从酸热并举发展到以酸为主;  
生产技术以自主研发发展到自主研发与引进并举、  
消化吸收再创新, 走出了一条适合我国国情的快速

发展磷肥产业的路子。在这里需要指出的是, 具有  
我国自主知识产权的“料浆浓缩法新工艺”, 其研制  
的成功, 为我国高浓度磷肥的发展闯出了一条新  
路。从 2005 年起, 我国的磷肥产量首次超过美国,  
跃居世界第一位。

1.1.3 钾肥进口与工业发展 我国水溶性可直  
接利用的钾矿资源短缺, 为此, 钾肥产业起步较晚。  
1957 年在青海察尔汗盐场, 利用盐湖中的光卤石研  
制出第一批 953 t 含  $KCl 50\%$  的钾肥, 从此翻开了我  
国生产钾肥的历史。

我国钾肥产业自 20 世纪 60 年代开始经过漫长的探矿与产品研制开发阶段, 直至 80 年代末期才基本摸清察尔汗盐湖的资源, 并对该资源提出了可行的氯化钾产品开发技术, 从此迈开了发展钾肥的新征程。我国钾肥的生产, 主要是氯化钾、硫酸钾、硝酸钾这三个品种 (见表 4)。

表 4 中国钾肥历年产量表<sup>[1]</sup>

Table 4 Output of potassium fertilizer yields in the past years<sup>[1]</sup> ( $10^4$  tK<sub>2</sub>O)

年份 Years	钾肥总产量 Total output of potassium fertilizer	其中 Break down			钾肥消费量 K consumption
		氯化钾 KCl	硫酸钾 K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	硝酸钾 KNO <sub>3</sub>	
1980	2	1	0.1	0.9	38.6
1985	2.4	1.2	0.2	1	80.4
1986	—	1.8	—	—	77.4
1990	5.7	3.6	1	1.1	147.9
1991	—	12	—	—	173.9
1992	—	11.4	—	—	196
1993	—	10.8	—	—	212.3
1994	—	14.4	—	—	234.8
1995	21.2	16.8	2.5	1.9	268.5
1996	—	15	—	—	289.6
1997	—	19.2	—	—	322
1998	—	21	—	—	345.7
1999	—	22.2	—	—	365.6
2000	72	37.8	32	2.2	376.5
2001	84.6	42	40	2.6	399.6
2002	100.4	51	45	4.4	422.4
2003	126.3	62.4	56	7.9	438
2004	196.5	124.2	60	12.3	467.3
2005	256	156	70	30	685.8

(1) 氯化钾。从 20 世纪 80 年代中期开始利用察尔汗盐湖的卤水, 采用渠道输卤或钻井采卤方式, 反浮选冷结晶工艺, 在青海钾肥厂分二期进行氯化钾生产装置的建设, 1990 年达到年产 25 万 t 的产能, 2004 年新增了年产 150 万 t 的产能。

在建设青海钾肥厂这个大厂的同时, 在察尔汗盐湖周边一些小厂也利用此技术纷纷建厂。目前, 我国氯化钾的产能达 250 万 t a<sup>-1</sup> 以上。

(2) 硫酸钾。1990 年以来随着农业经济结构的调整和种植结构的优化, 加大了对无氯钾肥的需求。为此一些企业从日本和台湾引进了曼海姆工

艺技术, 经自主开发, 以氯化钾为原料, 至今已建成了 180 套生产硫酸钾的生产装置, 产能达到了 180 万 t a<sup>-1</sup>, 加上其他厂芒硝法的生产装置, 至今实际总产能已达 208 万 t a<sup>-1</sup>, 产量在 120 万 t 左右, 基本满足了我国农业对硫酸钾的需求。

(3) 硝酸钾。我国硝酸钾生产历史悠久, 但农用硝酸钾的市场是从 20 世纪 80 年代末开始的。当时正值改革开放初期, 烟草行业为了提高烟草品质, 扩大高档香烟的出口量, 在云南等烟区的烟草专用肥中使用硝酸钾。我国农用硝酸钾的生产装置是采用复分解循环法在 2002 年以后才发展起来的, 现在已有生产企业 20 多家, 产能约 30 万 t a<sup>-1</sup>。

其他钾肥品种, 如磷酸二氢钾, 我国从 20 世纪 70 年代开始已有多家生产, 但因其生产规模小, 农业用量又不大, 尚未形成农用专业厂。

硫酸钾镁肥在我国是一种新型肥料品种, 目前主要有两家生产, 各有一套产能 30 万 t a<sup>-1</sup> 的生产装置, 目前该产品正在试销中。

我国钾肥产业经过近 50 年的发展, 已成为世界第七个拥有百万吨生产装置的国家。现有钾肥厂 40 多个, 2005 年生产钾肥 256 万 t, 钾肥自给率已从零发展到 2005 年的 37%。我国钾肥的需要量在不断增长, 目前虽各种钾肥的生产能力都具有一定的生产规模, 但受国内原料资源所限, 我国自身产量很难满足农业对钾肥的需求, 在相当长的一段时期内还要大量依靠进口钾肥来补充, 或在邻国建立钾肥生产基地来解决。

**1.1.4 复混肥料** 复混肥料是化学肥料中的二次加工产品。它是根据作物需肥规律的要求, 结合当地供肥性能、科学施肥技术、提高肥料利用率, 经科学配方以基础肥料为原料经复合混配加工制造的多元肥料。目前我国复混肥料的加工工艺主要有 6 种, 即团粒法、料浆法、熔体造粒法、涂布造粒法、掺混法 (又称 BB 肥法)、挤压法。上述 6 种方法均具有颗粒状产品, 加工工艺简单, 使用方便的特点。团粒法、料浆法、熔体造粒法、涂布造粒法、挤压法产品养分均匀度高, 但加工费用大; 掺混法产品养分均匀度相对差些, 但加工费用小。

我国复混肥是在 20 世纪 80 年代以后, 为了提高化肥利用率、促进农业实现优质高产而发展起来的一个肥料新品种。它是在测土配方的基础上, 以生产专用肥为基本特征的, 其优点表现在: NPK 等养分可以灵活配制, 可以满足不同作物的不同养分需求; 产品施用方便, 省工安全; 产品生产过程简单,

投资少,见效快;其养分配比和加工量可根据用户需求随意调整;产品施用效果显著,节约成本,增产增收。

我国的复混肥生产起步较晚,但发展相对很快。据不完全统计,2007年我国已发放复混肥生产

许可证的企业有4400家。据有关单位推算估计,2005年我国复混肥实物产能约2亿 $t a^{-1}$ ,估计产量为5000万吨。企业遍布全国各地,其复合化率已由2001年的29%,提高到2005年的33%(见表5、表6)。

表5 中国化肥复合化率估计值<sup>[2]</sup>

Table 5 Calculated percentage of compound fertilizer<sup>[2]</sup>

年份 Years	复混肥厂 家(个) Number of factories	实物能力 Capacity in material ( $10^8 t$ )	估计产量 Estimated output ( $10^4 t$ )	化肥总实物量 Output in material ( $10^8 t$ )	复合率 Compound ratio (%)
2001	约(About)3000	1	约(About)3500	1.2	29
2005	约(About)4000	2	约(About)5000	1.52	33

表6 截至2005年6月23日获生产许可证的复混肥厂数量<sup>[2]</sup>

Table 6 Number of licenced compound fertilizer factories by June 23, 2005<sup>[2]</sup>

省、市、区 Province, city, region	复混肥厂 数量(个) Number of compound fertilizer factories	省、市、区 Province, city, region	复混肥厂 数量(个) Number of compound fertilizer factories	省、市、区 Province, city, region	复混肥厂 数量(个) Number of compound fertilizer factories
山东 Shandong	428	广东 Guangdong	110	甘肃 Gansu	50
江苏 Jiangsu	278	云南 Yunnan	105	天津 Tianjin	49
广西 Guangxi	188	湖北 Hubei	99	山西 Shanxi	37
湖南 Hunan	177	贵州 Guizhou	82	内蒙 Inner Mongolia	34
四川 Sichuan	170	江西 Jiangxi	66	新疆 Xinjiang	32
安徽 Anhui	163	福建 Fujian	61	海南 Hainan	28
河北 Hebei	160	吉林 Jilin	53	宁夏 Ningxia	16
黑龙江 Heilongjiang	149	陕西 Shaanxi	51	上海 Shanghai	10
河南 Henan	136	浙江 Zhejiang	50		

表7 中国历年复混肥料施用量及其在化肥用量中所占的比例<sup>[2]</sup>

Table 7 Consumption of blended fertilizer and its proportion in the past years<sup>[2]</sup>

年份 Years	项目 Item		
	化肥用量 (每万t养分) Fertilizer consumption (per $10^4 t$ nutrient elements)	复混肥料用量 (每万t养分) Consumption of blended fertilizer (per $10^4 t$ nutrient elements)	复混肥料占 化肥比例 Proportion of the blended fertilizer (%)
1981	1335	56.6	4.23
1985	1776	179.6	10.11
1990	2590	314.6	13.19
1995	3594	670.8	18.67
1997	3981	797.8	20.04
1999	4125	880	21.33
2005	4898	1225	25

我国自20世纪50年代开始施用复混肥料,经历了20多年的时间才逐渐被农民所接受。80年代中后期人们改变了传统施肥观念,接受了科学施肥的观念,复混肥的施用才有了快速发展。1990年施用量为341.6万吨,占总施肥量的13.2%;1995年为670.8万吨,占18.7%;2000年为917.7万吨,占化肥总消费量的22.1%;2005年为1225万吨,占化肥总消费量的25%(见表7)。

我国复混肥料的发展,其生产规模由小( $0.5\sim 1万 t a^{-1}$ )到大( $5\sim 10万 t a^{-1}$ 或 $20万 t a^{-1}$ 以上),产品养分浓度由低浓度( $\geq 25\%$ )逐步向高浓度( $\geq 45\%$ ),组分由N、P、K三元素向NPK加中微量元素的多元素发展。产品质量显著改善,化肥售后服务工作有了新的进展。

## 1.2 中国化肥农用发展状况

回顾我国百年来的施肥发展历程,我国施肥发展大致可以划分为3个阶段:20世纪50年代前属于有机农业时代,农业生产主要靠有机肥料来维持作物产量,在那个时期,粮食产量低,供应不足。

20世纪50年代中至70年代,进入以有机肥为主、有机肥与化肥配合施用阶段。50年代之后,我国先后组织了三次全国或地区性的短期化肥协作试验,50年代末肯定了氮肥在各种土壤和作物上普遍有效;60年代末由于氮肥用量的增加,第二次化肥协作网在磷肥肥效和示范方面取得很大成就,发现磷肥肥效开始增加,在土壤速效磷含量(Olsen,  $P_2O_5$ )  $< 10\text{mg kg}^{-1}$ 的土壤施磷有显著增产效果;70年代在南方各省份协作进行的钾肥试验,发现在土壤速效钾  $< 100\text{mg kg}^{-1}$ 的土壤上施钾有增产效果。70年代时有机肥料的施用在肥料比例中有下降趋势。在有机肥的基础上,氮、磷、钾、微量元素等肥料配合施用的局面已逐步形成,北方磷肥的施用及在长江以南一些省份的缺钾土壤上钾肥的施用均不断扩大,微量元素肥料的使用也日益引起人们的

重视<sup>[3-4]</sup>。

我国从1980年以后,才开始进入以化肥为主、有机肥与化肥配合施用阶段。此后施用化肥的效益很快显示出来,各种农产品的产量大幅度提高,化学肥料作为当家肥的局面基本形成。根据《中国农业年鉴》<sup>[5]</sup>统计资料,近几年我国粮食总产量已达到5000亿kg左右,较1980年增加近50%。20年间其他作物的产量,如棉花增长63%,油料增长284%,糖料增长162%,烟草增长254%,茶叶增长127%,瓜菜增长728%,水果增长327%。我们不仅自己养活了自己,而且做到丰衣足食。当然,这是采用化肥、水利、良种、植保等多项措施的结果,但无疑化肥在作物的增产中起到了举足轻重的作用。

## 1.3 中国农田土壤养分平衡的变化趋势

我国农业施肥主要依靠化肥,化肥施用量的增加很大程度改变着我国农田土壤的肥力状况。由于化肥投入的不平衡,使得我国土壤氮磷钾的总趋势是氮素盈余、磷素平衡、钾素严重不足(见表8)。

表8 中国农田养分投入量和产出平衡<sup>[6]</sup>

Table 8 Balance between input and output of nutrients in farmland<sup>[6]</sup> ( $10^4\text{ t}$ )

年份 Years	投入 Input					产出 Output				盈亏 Balance		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	合计 Total	有机肥占 Manue(%)	N	$P_2O_5$	$K_2O$	合计 Total	N	$P_2O_5$	$K_2O$
1949	164.3	82.8	196.7	443.8	99.4	291.2	138.0	306.3	735.5	-151.8	-55.2	-109.6
1957	284.9	135.4	305.5	725.8	94.9	511.0	235.8	562.1	1308	-278.3	-100.4	-256.6
1965	421.8	208.4	344.2	974.4	81.9	521.8	237.0	559.8	1318	-199.4	-28.6	-215.6
1975	788.6	380.9	540.3	1709	68.6	749.1	333.9	813.2	1896	-188.0	47.0	-272.0
1980	1317	514.9	601.5	2433	49.0	867.0	387.3	933.5	2187	15.6	136.6	-332.0
1985	1770	679.3	768.3	3218	44.8	1114	478.7	1207	2800	13.4	200.6	-439.4
1990	2272	935.9	918.7	4127	37.2	1307	559.0	1386	3252	102.4	376.9	-467.3
2000	2937	1373	1517	5828	31.4	1662	664.4	1739	4066	148.9	708.8	-222.2

**1.3.1 氮素平衡状况** 氮是极其重要的营养元素,土壤氮素水平是评价土壤质量的主要指标之一,也直接影响作物产量和品质。

1980年以前的20年里,氮肥施用量以较快的速度增加,但由于农作物的增产使得其带出的氮也在不断增加,加之以前的缺口较大,因而从全国范围看,农田生态系统的氮仍一直处于亏缺状态。至70年代末80年代初全国农田氮素基本达到平衡而略有盈余。而在这之后的20多年里,氮肥的盈余量随着氮肥用量的急剧增加而越来越大,据估算,至

1995年我国农田氮素的盈余量已达到370万<sup>[7]</sup>,约占氮肥总投入的13%。

由于自然地理条件的差异和社会经济发展的不平衡,化肥资源趋于分配不均的结果导致一些地区农田氮素表现为大量的盈余,而在一些经济相对落后的省区,农田氮素总体上仍有不同程度的亏缺。在黄淮海平原的栾城县,农田氮素在80年代初由亏缺转为盈余,目前农田氮素的输入与输出之比为1.74。湖南省桃源县1989年农田氮的收入与支出基本持平,至1999年该县农田氮的盈余率达到了

10%左右。江西余江县和江苏宜兴市农田氮的盈余均超过 20%。新疆的绿洲农业生态系统在 80 年代初氮亏缺 40% 以上,至 80 年代末收支基本平衡,90 年代由于化肥投入激增,目前氮的盈余已近 30%。松嫩平原的农田氮素一直是亏缺的,但进入 90 年代后随着氮肥施用量不断增加,目前的氮素收支已接近平衡,这与整个黑龙江省的发展趋势基本一致。该省 1979 年、1989 年和 1999 年的农田氮素亏缺量分别为 32.3%、4.7% 和 2.5%<sup>[8]</sup>。

**1.3.2 磷的亏缺与盈余阶段** 磷作为植物生长发育的必需营养元素之一,不仅是植物体内许多重要化合物的组成成分,而且还以多种途径参与植物体内的各种代谢过程,在人类赖以生存的土壤-植物-动物生态系统中起着不可替代的作用。

我国在 20 世纪 70 年代土壤缺磷较为严重,以土壤有效磷  $< 10 \text{ mg kg}^{-1}$  为临界线,  $< 10 \text{ mg kg}^{-1}$  的面积大于 80% 区域,约占总面积的 75% 左右,60%~80% 区域占总面积的 5% 左右,小于 60% 区域占总面积的 15% 左右<sup>[9]</sup>。

农业中化肥的应用在很大程度上改变农田土壤含磷量和土壤对作物的供磷能力<sup>[10]</sup>。当氮肥施用到一定水平后,磷肥的施用提上了日程。随着氮素化肥的大量施用,有机肥料施用量的减少,而复种指数不断提高,作物产量大幅度增加,缺磷的矛盾到 70 年代尖锐地表现出来,甚至出现施氮越多越减产的现象,缺磷成了增产的限制因素。因此,磷肥的应用研究和施用也出现了一个高潮<sup>[11]</sup>。自 80 年代后,我国农田土壤磷已处于累积状态。

**1.3.3 钾的变化** 由于我国钾资源十分有限,每年需要大量外汇进口。另外,长期以来人们忽略了钾肥的使用,钾肥用量偏低,致使肥料用量比例不平衡,加之作物产量的大幅度提高,自 20 世纪 70 年代开始,我国部分土壤缺钾问题开始出现。进入 80 年代以后,我国土壤缺钾程度加剧。据统计,1990 年每  $\text{hm}^2$  播种面积的亏缺量已达到  $34.5 \text{ kg K}_2\text{O}$ 。在部分地区,土壤缺钾已成为农业生产进一步发展的限制因素<sup>[12]</sup>(1)。刘元昌等<sup>[13]</sup>于 1982~1984 年曾对太湖地区不同水稻土和不同熟制的物质循环和能量转化进行了研究,结果表明,80 年代太湖地区农田钾素大量亏缺,亏缺量达  $53.5 \text{ kg hm}^{-2}$ ,接近施肥量的 60%。

我国土壤缺钾面积不断扩大,已不仅局限于南

方地区,广大北方土壤供钾不足问题也在逐年加重。2002 年烟台、招远市土肥站对 323 个点的农田养分调查表明,十年间土壤速效钾平均下降了  $13.2 \text{ mg kg}^{-1}$ ,年递减率为 1.85%。不同的土壤类型土壤速效钾下降程度也不同。其中以棕壤速效钾亏缺较大,下降了 20.97%,年递减率为 2.33%;其次为潮土下降了 10.26%,年递减率为 1.08%;再次为褐土,下降了 11.26%,年递减率为 1.19%。全市 323 个样品中严重缺钾 ( $< 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 的面积为  $23.76 \text{ 万 hm}^2$ ,占耕地面积的 35.4%。由此可见,全市农田土壤中钾亏缺相当严重<sup>[14]</sup>。

鉴于我国钾肥资源十分有限,更应重视农业生产中土壤钾素管理,减少钾素的损失,强化农业生产系统内部的钾素循环利用;在实践上重视农作物秸秆还田和各种有机肥源的施用,以缓解土壤钾素肥力的下降,使土壤作物系统内钾素的产出与投入更趋平衡,这对于我国农业来说具有重要的现实意义。

## 2 中国新型肥料技术的研究进展

### 2.1 稳定性肥料的研究进展

我国稳定肥料的研究始于 20 世纪 70 年代中期,经过几代科学家的努力,稳定肥料有了较大的发展,目前已经成为我国长效肥料的主流。20 世纪 80 年代中期已有第一代产品-长效尿素问世,首次在我国将脲酶抑制剂应用到肥料生产中。20 世纪 80 年代中后期,中国科学院等单位针对我国小氮肥生产中碳酸氢铵性质中存在的问题,在碳酸氢铵改性中应用了硝化抑制剂,解决了碳酸氢铵易挥发、结块及施用后肥效短等问题;90 年代广州氮肥厂与中国科学院石家庄现代化研究所开发了涂层尿素。上述三种肥料均属于单一抑制剂构成的肥料。进入 20 世纪 90 年代中后期,我国稳定肥料又进一步得到发展,先后研制出复合型长效尿素、稳定尿素等新品种和相应的制造工艺。20 世纪末 21 世纪初我国,由中国科学院沈阳应用生态研究所研制开发的“长效复合肥”使稳定肥料由单质发展到复合,使我国稳定肥料走上了复合与协同抑制剂应用阶段,并且使复合肥由基础型转向专用型成为可能,实现了一次性基施免追肥,具有理论与技术创新。其综合技术指标达国际领先水平,提升了我国肥料产品

(1) 刘红霞. 长期定位施肥对棕壤钾素时空变异特征及黏土矿物组成的影响. 沈阳农业大学硕士学位论文, 2006

在国际市场的核心竞争力。

我国稳定性肥料研究有两点领先于国际上同类产品:一是抑制剂的协同作用,我国近期应用的稳定性肥料的主体是采用复合型抑制剂,在一定程度上解决了作用时间短、不稳定的问题;二是成本低,我国现行稳定肥料的成本增加额只有普通肥料的3%~5%,而国际上的同类产品约为普通肥料原料的100%~150%。由于价格上的突破使我国稳定肥料在农业生产得到了普及应用,深受农民与厂家的欢迎<sup>[15]</sup>。

## 2.2 复合肥加工工艺的研究进展

复合肥的发展是工艺设备发展的结果,复合肥的每一步发展均与工艺的改进是分不开的。我国复混肥料的生产经过10多年的不断探索,在常规的工艺基础上,根据产量、产品技术指标的特殊要求及原材料供给情况等,按造粒工艺分类有团粒法、料浆法、熔体造粒法、掺混法、挤压法、涂布造粒法等<sup>[16-17]</sup>。各种生产工艺在复混肥料发展的不同时期并存。

20世纪80年代,我国中阿股份化肥有限公司引进了料浆法生产三元素复合肥的生产工艺,使我国的复合肥进入了一个新的阶段。在上海化工研究院等单位的共同努力下,这一工艺技术与设备完全国产化,并在芦席、中原大华、山东绿原、天津中天、辽宁西洋、山东红日阿康等几十家企业先后投产。继料浆法工艺之后,为生产尿基复合肥,上海化工研究院、南化集团、黑龙江爱农农资集团有限公司等设计开发了尿素熔融喷浆造粒工艺,大大改善了尿基复合肥的生产速率和产品性状,也为后期生产高氮专用肥奠定了工艺基础;2004年由上海化工研究院开发了高塔容体造粒生产复混肥的工艺,使复合肥生产达到了无干燥过程的一步造粒,解决了复合肥生产中二次干燥耗能的问题,使我国的复合肥生产又进了一步。

我国现阶段的生产工艺是一种过渡阶段,各类工艺并行,普遍存在着耗能高、效率低等问题,有待于不断的改进提高。

## 2.3 包膜肥料的研究进展

中国是世界上消费化肥最多的国家,自20世纪80年代以来,化学氮肥的施用量在不断增加,然而高施肥水平将导致低的肥料利用率,并呈现不断下降的趋势。据推测,中国可能是世界上氮肥平均利用率最低的国家<sup>[18]</sup>。减少氮肥施用量,提高氮肥利用率,已到了刻不容缓的地步。并且现代集约化农

业对化肥产业的发展也有了新的要求,因此,缓控释肥料的研究开发在我国得到迅速发展。

我国包膜肥料的研究起初较集中在寻求改善碳铵的挥发性上。1974年,中国科学院南京土壤研究所在李庆逵院士领导下,开始研制钙镁磷肥包裹碳酸氢铵的无机包裹型肥料。他们首先将碳铵造粒,然后在碳铵颗粒表面扑上钙镁磷肥粉,通过添加硫酸使钙镁磷粉末与碳铵颗粒粘结在一起。郑州大学工学院许秀成教授领导小组开发了枸溶磷包裹复混肥的无机包裹型肥料,在花卉及国外市场得到了应用。1985年,北京化工学院开始筛选可降解树脂的包膜材料,研制了以脲醛树脂为包膜剂的缓释肥。1986年,广州氮肥厂研制了涂层尿素。中国科学院兰州化学物理研究所试验用生物可降解高分子材料(聚乙烯醇磷酸脲、聚乙烯醇缩脲等)作包膜材料制成了包衣尿素<sup>[15-19-21]</sup>。

进入20世纪90年代以来,以高分子聚合物材料作为包膜材料的研究更加广泛。这些研究主要集中在对热塑性包膜材料的筛选和包膜工艺上。较早的有湖南省农业科学院郑圣先研究员开发的天然有机高分子材料包裹颗粒肥料,之后北京农林科学院、山东农业大学、中国农业大学、华南农业大学等单位作了较为深入系统的研究。

## 3 中国化肥产业的现状与存在问题

### 3.1 产量、类型、构成

目前,我国耕地潜在肥力不足,全国土壤结构呈现多氮缺磷少钾的局面。造成这一局面的原因,除了农民的施肥习惯外,我国磷肥和钾肥生产不足以满足农用所需。目前,我国化肥的格局是:氮肥基本自给自足,磷肥少量靠进口,钾肥则大部分需要进口。

据《中国统计年鉴》<sup>[22]</sup>统计数据显示,2006年,我国化肥产量5345万吨,氮、磷、钾肥产量分别为3869万吨、1226万吨和209万吨,化肥总产量较2005年增长8.01%以上。

在化肥生产中,高浓度和复合肥料的品种及产量逐年上升。在氮肥总量中,高浓度尿素产量60%以上;高浓度磷肥(磷铵、重钙、硝酸磷肥、氮磷钾复合肥)产量已上升至总产量的45%以上。同时,我国氮磷钾复混肥的生产也有了较大的发展,复合肥的生产能力已突破1000万吨(实物量);各种专用肥发展也很快。



2006年的化肥消费量约 5 000 万 t 以上, 国产化肥占 90%; 国内氮、磷肥的市场占有率稳步增长, 国产氮肥已占氮肥消费量的 90% 以上 (进口的氮主要是磷肥进口带进的), 国产磷肥已占 89.7% 以上。由于受资源条件的限制, 国产钾肥仅占总消费量的 30% 左右。预计今后一段时期内, 化肥消费量还将保持增长的势头, 但增长的速度将逐渐放慢。同时, 受农业生产和种植结构调整、退耕还林等措施的影响, 化肥品种使用的比例发生了较大的变化, 主要用于经济作物的高浓度的化肥, 如尿素、磷酸二铵、三元复合肥的用量将增加较多, 而用于大田作物的中低浓度的肥料将有所下降。

### 3.2 存在问题

**3.2.1 品种结构不合理** 我国化肥生产中以低浓度, 单一营养元素的化肥为主。国际上基本以高浓度化肥为主, 而我国氮肥中高浓度的尿素、硝酸铵约占 60% 左右, 低浓度的碳铵、硫酸铵等占 30% 左右; 磷肥中高浓度的磷酸二铵、重钙约占 40%, 低浓度的普钙、钙镁磷肥占 60%。国产化肥的平均养分浓度为 32%, 距离国际水平 40% 养分含量还存在一定距离。我国复合肥、专用肥比例相当小, 以单一元素化肥为主, 复合化程度还较低, 氮肥的复合化率不足 10%, 磷肥也只有 23% 被加工成复合肥或复混肥, 不能适应农业生产对化肥需求的变化 (见表 9)。而近年来发达国家化肥生产主要以复合肥料为主, 英国复合肥料占 80%, 美国占 63%, 法国占 61%, 日本占 55%, 它们正在进一步向多功能、专用化方向发展。

表 9 一些国家和地区化肥的复合化率

Table 9 Percentage of compound fertilizer in some countries and regions (%)

国家或地区 Country or region	氮肥 N fertilizer	磷肥 P fertilizer	钾肥 K fertilizer
美国 USA	19	94	33
西欧地区 West European countries	28	87	69
印度 India	13	83	31
中国 China	10	25	—
实际平均 Actual average	14.5	65.8	30

**3.2.2 化肥投入数量偏低** 建国以来, 我国化肥的用量一直呈上升的趋势, 1978 年我国化肥施用量仅为 884 万 t, 2005 年已经达到 4 766 万 t<sup>[21]</sup>。30 年间化肥施用量增长 5.4 倍, 年均增长 18%。我国 2005 年实际耕地面积 13 004 万 hm<sup>2</sup>, 每 hm<sup>2</sup> 耕地施

肥量为 367 kg, 高于世界平均水平, 甚至高于美国和前苏联等发达国家的施肥水平。但按播种面积 15 549 万 hm<sup>2</sup> (复种指数 1.2) 计算, 我国耕地施肥水平每 hm<sup>2</sup> 为 306.5 kg 与发达国家比较, 只达到中等水平<sup>[22-24]</sup>。

另外我国土壤肥力较低。据全国土壤普查资料, 除东北的黑土外, 我国旱地土壤有机质只有 10~15 g kg<sup>-1</sup>; 华北、西北相当部分地区低于 10 g kg<sup>-1</sup>; 水田有机质含量只有 23 g kg<sup>-1</sup> 左右。因此, 从土壤肥力上讲我国农作物要获得高产需要更多的化肥投入。

根据世界粮农组织综合不同类型国家农业生产情况得出的结论: 施肥水平在 200 kg hm<sup>-2</sup> 以下施肥对粮食增加的效果十分显著, 而 200~400 kg hm<sup>-2</sup> 的水平下, 也有明显的增产效果。所以, 在我国增施化肥仍有很大的增产潜力<sup>[25]</sup>。

### 3.2.3 化肥资源配置不合理, 养分投入比例不平衡

我国化肥资源配置总的趋势是东南沿海和经济发达地区、城市郊区和交通沿线化肥 (主要是 N 肥) 使用量偏高, 内陆和边远地区化肥使用量低。据 1998 年统计, 总施用量每 hm<sup>2</sup> 超过 400 kg 的省、市、自治区, 分别为福建、湖北、广西、江苏、广东、湖南、山东、河南、北京和安徽等 10 个省市 (区), 这 10 个地区平均施肥量达到 554.9 kg hm<sup>-2</sup>。而青海、甘肃和内蒙古 3 个省区施肥量不足 100 kg hm<sup>-2</sup>。化肥投入的区域不均衡, 导致了我国化肥资源得不到合理利用, 施肥量过高的地区会出现肥料报酬递减, 化肥用量低的地区土壤生产潜力得不到充分发挥<sup>[26]</sup>。

为保证作物高产、优质, 氮磷钾养分要保持适当比例是不可或缺的因素。20 世纪 70 年代以来, 我国化肥的施用氮磷比例逐步得到改善, 特别是 80 年代开始大量施用磷肥, 磷的比例得到提高。1994 年以来, 我国化肥的氮磷比例一直稳定在 1:0.45 左右, 已基本趋于合理。但是, 由于资源匮乏等因素, 我国钾肥大部分需要进口, 钾肥施用量明显偏低<sup>[26, 27]</sup>。2005 年我国化肥总施用量为 4 766 万 t, 其中氮肥 2 229 万 t, 磷肥 743.8 万 t, 钾肥 489.5 万 t, 氮、磷、钾施用比例为 1:0.47:0.10, 钾肥投入明显不足<sup>[23]</sup>, 较世界平均水平 1:0.5:0.48 相差较大。养分投入失衡现象, 成为制约肥效发挥、影响作物产量的重要因素。

**3.2.4 新型高效肥料发展缓慢, 不适应高效农业发展的新需求** 目前我国氮肥生产几乎全部为速

效氮肥品种, 由于其肥效期短, 肥料利用率低, 难以适应循环高效农业和我国建设资源节约型、环境友好型社会的要求。

为了改变这种现状, 我国近些年来正在进行缓释、控释肥料、功能型肥料等新型肥料的研制、开发工作, 由于其技术复杂性和经济适用型等因素影响, 总的来看该产品领域发展缓慢, 今后亟待改进与加强。

## 4 化肥需求与发展趋势

随着我国人口的不断增加, 对粮食的需求量与日俱增, 据有关部门预测, 今后 20 年我国的化肥需求量如表 10。

表 10 中国的化肥需求量

Table 10 Demand of fertilizer in China ( $10^4$  t)

年份 Years	化肥总量 Gross output of fertilizer ( $N + P_2O_5 + K_2O$ )	其中 Break down		
		氮肥 N fertilizer (N)	磷肥 P fertilizer ( $P_2O_5$ )	钾肥 K fertilizer ( $K_2O$ )
2010	5 100	3 000	1 200	900
2020	5 550	3 300	1 300	950
2030	5 750	3 350	1 450	950

预计 2010 年高浓度氮肥 (如尿素) 产量占 70% 以上, 高浓度磷复肥占 60% 以上, 钾肥自给率占 30% 以上。

为了实现上述目标, 我国的氮肥和磷肥产业将进入稳定发展时期, 钾肥产业将进入大开发时期。

总的发展趋势是:

### 4.1 改造原料路线, 适应国内资源特点

氮肥行业, 要采取粉煤化技术, 以本底粉煤代替无烟块煤进行原料改造; 对有天然气资源的地区, 鼓励采用天然气改造现有生产装置, 以形成几个大氮肥生产基地。

磷肥行业, 要继续坚持“矿肥结合”、“酸肥结合”的发展方针, 在云南、贵州、湖北等地, 对老厂进行改造后改建, 形成几个大磷肥生产基地。

钾肥行业, 要重点对钾盐湖卤水的开发, 在青海、新疆等地形成几个钾肥生产基地。要积极开辟国外资源, 对具有钾矿资源的周边邻国 (如老挝、泰国、俄罗斯) 与其合作开发钾肥生产基地, 满足国内需求。

### 4.2 加快技术进步, 开发与推广先进实用技术

要加强企业与科研部门的密切合作, 加大科技

人力、财力的投入, 以节能减排为重点, 以解决本企业的技术瓶颈为突破口, 大力开发与推广先进实用技术, 不断增强企业的活力。如新型煤气化技术, 水溶液全循环尿素改造技术、尿素改性技术、开发低品位磷矿综合利用技术、开发盐湖卤水直接提取硫酸钾技术以及伴生资源 (钠、镁、锂、硼、溴、碘、铷、铯等) 综合利用技术等。

### 4.3 调整企业布局和企业结构, 促进产业发展

在企业布局上, 基础肥料进一步向资源产地转移, 复混肥、控释肥主要在消费区域, 建成加工、集散、分销和使用服务体系。要以中西部地区的天然气和煤炭资源产地为重点, 建设大氮肥生产基地; 以磷矿资源丰富的云南、贵州等地为重点, 建设大磷复肥生产基地; 以钾矿资源的青海、新疆等地为重点建设大钾肥生产基地。

在企业结构上, 要逐步减少基础肥料生产厂数量, 提高单套生产装置的规模, 大型氮肥厂合成氨平均规模要达到  $40$  万  $t a^{-1}$  以上, 中型氮肥厂平均规模达到  $20$  万  $t a^{-1}$  以上, 大中型磷肥厂平均规模达到  $10$  万  $t a^{-1}$  以上。对部分原料资源条件差、消耗高、污染严重、经济效益差、不能适应市场竞争的小化肥企业, 转为生产复混肥上来。

### 4.4 优化产业结构, 提高竞争力

一是鼓励氮肥、磷肥、钾肥生产企业和化肥流通企业, 突破原有业务领域, 向产供销、内外贸一体化发展, 二是鼓励企业兼并、联合、重组, 以资产为纽带, 逐步培育有国际竞争力的大型肥料产业集团。至 2015 年, 力争组建 20 多家大型企业集团, 其产品集中度达到 50% 以上, 并形成 3~5 家在国际上有一定影响的大型企业集团。

### 4.5 调整产品结构, 提高肥料适用性

#### 4.5.1 继续适度提高高浓度化肥产品的产量

今后几年我国高浓度肥料将会进一步增加, 到 2010 年高浓度的尿素产品在氮肥中的比重, 将由现在占 60% 提高至 70% 左右, 低浓度的碳酸氢铵产品将由现在的 30% 下降至 15% 左右, 今后仍将保持一定的比例, 要适当发展大颗粒尿素, 以适应掺混肥料 BB 肥的发展需要。

近几年来, 我国磷肥结构进行了有效调整, 高浓度磷复肥大幅度提高, 2000 年已占磷肥总量的 35.4%, 2005 年已达 60.3%, 复合化率已上升至 50%。今后是否还要大幅度提高高浓度磷肥比例是值得商榷的。因为我国磷矿资源是以中低品位为主, 生产高浓度磷肥需要高品位磷矿, 我国资源有

限,而且生产中带来的大量磷石膏废渣的处理,仍是个棘手问题。过磷酸钙、钙镁磷肥虽是低浓度磷肥品种,但它既含有磷养分,又含有中量元素钙、镁、硫养分,作为保留品种仍有其重要存在价值。为此,从资源合理利用和农业需求角度来看,保留它对我国是有利的。对磷肥复合化问题应作具体分析,要稳步提高磷肥的复合化率,避免盲目追求国外的高复合化率而造成不应有的经济损失。

**4.5.2 加快复混肥料的巩固提高与推广** 多年来的实践经验告诉我们,复混肥料的企业生产规模要因地制宜,以大中小型相结合为好。大型企业的产能在  $20 \text{万 t a}^{-1}$  以上;中型在  $5 \text{万 t a}^{-1}$  以上;小型在  $1 \text{万 t a}^{-1}$  左右,它是由县一级农业部门自行或联合建立的配肥站。

在工艺技术上,大中型选用团粒法、料浆法、熔体造粒法、涂布造粒法为宜,小型以挤压法、掺混法(BB肥)为宜。

在产品浓度及经营服务半径上,大型以生产高浓度产品为主,经营半径以  $300 \sim 350 \text{ km}$  为宜;中型以生产中高浓度产品为主,经营半径以  $100 \sim 120 \text{ km}$  为宜,如果经营半径过大,势必带来运输成本的增加,对发挥企业优势不利,影响其竞争力;小型则就近生产、销售,以生产中低浓度的特种作物专用肥(如种苗专用肥)、科技示范基地和种植承包大户提出的配方专用肥等。

要要强化化肥售后服务工作,高水平的售后服务是搞好复混肥的“金钥匙”,要建立健全企业内部的农化服务体系,并联合当地的农技推广部门,开展测土配方施肥,为农民生产高效的经济适用的复混肥产品。

**4.5.3 加强环境治理,实现清洁生产** 化肥企业排放的三废物质(废物、废水、废气),排放量大,排放物种类繁多。企业建厂时根据当时的国家环保要求,采取了一些治理措施,收到了一定成效。但是,按照国家环保法的新要求,有些治理措施尚未达到今天规定的治理标准,亟待彻底解决。如氮肥企业的吹风气回收问题、为磷肥配套的硫酸企业的硫铁矿回收利用问题、磷铵厂的磷石膏处理问题,有些企业尚未根本解决。2006年国家环境保护部将磷石膏渣定性为危险固体废物,这意味着对其运输、贮存、加工、利用等均有更严格的要求。目前国内堆存1亿多t磷石膏渣,每年还要新增2000多万t都必须按危险固体废物进行处置。

要增强环保观念,加强环保治理措施,对那些

尚未达标的环保欠账,要统筹规划彻底治理,实现清洁生产。

**4.5.4 大力发展控释/缓释肥料和功能性肥料等新型肥料** 新型肥料具有利用率高、肥效期长等优点,目前国际上在这一领域的研究已有较大进展。与国际同类研究相比,我国缓控释肥料研究水平参差不齐,在高端技术上总体上不及国际先进水平。我国应加强研究开发,筛选新型高效抑制剂和促释剂;研究环境友好控释材料和缓释肥料的生产工艺;利用缓控释肥料的优势来提高作物对肥料利用率。另外,从发展我国的无公害农业、实现农产品清洁生产的需求出发,积极推广畜禽粪便等动植物废弃物快速堆腐技术,利用养分浓度高、来源和剂型稳定、商品性好而无异味的有机物料作为有机肥料原料,生产商品化的有机肥料或有机无机复混肥料,实现土壤肥力持久不衰,越种越肥。

## 参 考 文 献

- [1] 张福锁,张卫风,马文奇,等. 中国化肥产业技术与展望. 北京: 化学工业出版社, 2006. Zhang F S, Zhang W F, Ma W Q, et al. Fertilizer Technology and Development in China (In Chinese). Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [2] 许秀成,汤建伟. 我国复合肥的增长趋势与贸易机会. 磷肥与复肥, 2007, 1: 10~19. Xu X C, Tang J W. Development trend and trade opportunity of compound fertilizer production in China (In Chinese). Phosphate and Compound Fertilizer, 2007, 1: 10~19.
- [3] 胡霭堂,等. 植物营养学. 北京: 中国农业大学出版社, 2003. Hu A T, et al. Plant Nutrition (In Chinese). Beijing: Chinese Agriculture Press, 2003.
- [4] 曾希柏,胡学玉,胡清秀. 我国肥料的施用现状及发展趋势. 科技导报, 2002, 8: 36~39. Zeng X B, Hu X Y, Hu Q X. Present state on China's fertilizer application and its development (In Chinese). Science and Technology Review, 2002, 8: 36~39.
- [5] 中华人民共和国农业部. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2006. Ministry of Agriculture of PRC. China Agriculture Yearbook (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [6] 许秀成. 再论“人口·粮食·环境·肥料”. 磷肥与复肥, 2005, 20(2): 9~13. Xu X C. Talking about “Population Food Environment Fertilizer” (In Chinese). Phosphate and Compound Fertilizer, 2005, 20(2): 9~13.
- [7] Lin B. The evolution problems and countermeasures of fertilizer structure and fertilizer efficiency in China. In: Li Q K, Zhu Z L, Yu T R. Fertilizer Problems in Agricultural Sustainability in China. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press, 1998, 12~27.
- [8] 高超,张桃林,孙波,等. 1980年以来我国农业氮素管理的现

- 状与问题. 南京大学学报(自然科学版), 2002 38(5): 716~ 721 Gao C, Zhang T L, Sun B, *et al*. Nitrogen management in Chinese agriculture since early 1980s: Status and problems (In Chinese). Journal of Nanjing University (Natural Sciences Edition), 2002 38(5): 716~ 721
- [ 9 ] 石元亮, 邱兰兰, 张德生. 农田土壤磷平衡状况及磷活化剂研究进展. 中国土壤学会土壤肥力与肥料专业委员会学术研讨会论文集, 2007. 36~ 47 Shi Y L, Qiu L L, Zhang D S. Advance of studies on phosphorus balance of farmland status and phosphorus activator (In Chinese). The Symposium of Soil Fertility and Fertilizer Speciality Committee of Soil Science Society of China 2007. 36~ 47
- [ 10 ] 沈善敏. 中国土壤肥力. 北京: 中国农业出版社, 1998 Shen S M. Soil Fertility in China (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1998
- [ 11 ] 姚宇卿, 杨波, 吕军杰, 等. 化肥应用研究的回顾与展望. 南京农专学报, 2001 17(3): 50~ 53 Yao Y Q, Yang B, Lu J J *et al*. Review and prospect on applied research of chemical fertilizer (In Chinese). Journal of Nanjing Agricultural Technology College, 2001 17(3): 50~ 53
- [ 12 ] 谢建昌, 周建民. 我国土壤钾素研究和钾肥使用的进展. 土壤, 1999 31(5): 244~ 254. Xie J C, Zhou J M. The development of study on soil potassium and applying potassium fertilizer (In Chinese). Soils 1999 31(5): 244~ 254
- [ 13 ] 刘元昌. 江苏省太湖地区养分循环平衡状况的初步探讨. 生态学杂志, 1984 3: 12~ 16 Liu Y C. Preliminary study on nutrient cycling status of the Taihu Lake in Jiangsu Province (In Chinese). Journal of Ecology, 1984 3: 12~ 16
- [ 14 ] 吴敏德, 董颖华, 贾彩建, 等. 农田土壤速效钾变化趋势与平衡施肥技术. 土壤肥料, 2004, (1): 43~ 44. Wu M D, Dong Y H, Jia C J *et al*. The change trend of exchangeable potassium in agricultural soils and balanced fertilization (In Chinese). Soil Fertilizer 2004, (1): 43~ 44
- [ 15 ] 石元亮, 李彬, 肖延华, 等. 我国近年化肥的发展历程、问题与前景. 中国土壤学会编, 中国土壤科学的现状与展望. 南京: 河海大学出版社, 2007. 189~ 200 Shi Y L, Li B, Xiao Y H, *et al*. The chemical fertilizer development course, problems and prospect in China (In Chinese). In: Soil Science Society of China. Present and Expectation of Soil Science in China. Nanjing: Hohai University Press, 2007. 189~ 200
- [ 16 ] 徐静安. 复混肥和功能性肥料生产工艺技术. 北京: 化学工业出版社, 1999 Xu J A. Production Technology of Compound Fertilizer and Functional Fertilizers (In Chinese). Beijing: Chemical Industry Press, 1999
- [ 17 ] 李玉峰. 复合肥生产工艺综述. 攀枝花学院学报, 2000, 19(5): 83~ 85. Li Y F. Review of production technology of compound fertilizer (In Chinese). Journal of Panzhihua University, 2000 19(5): 83~ 85
- [ 18 ] 许秀成, 李葭萍, 王好斌. 包裹型缓释控制释放肥料专题报告, 第三报 包膜(包裹)型控制释放肥料各国研究进展(续) 4 中国. 磷肥与复肥, 2001 16(4): 4~ 8 Xu X C, Li D P, Wang H B. A special report on coated slow/controlled release fertilizer-Part 3 A review on coated controlled release fertilizer (continued) (4) China (In Chinese). Phosphate and Compound Fertilizer 2001 16(4): 4~ 8
- [ 19 ] 樊晓林. 我国缓释肥料研究的现状和展望. 中国土壤学会土壤肥力与肥料专业委员会年学术研讨会论文集, 2007. 1~ 17. Fan X L. Present condition and advance of studies on coated fertilizer (In Chinese). The Symposium of Soil Fertility and Fertilizer Speciality Committee of Soil Science Society of China 2007. 1~ 17
- [ 20 ] 杨同文, 尹飞, 杨志丹, 等. 包膜肥料研究与进展. 河南农业大学学报, 2003, 37(2): 141~ 144. Yang T W, Yin F, Yang Z D, *et al*. Present condition and advance of studies on coated fertilizers (In Chinese). Journal of Henan Agricultural University, 2003, 37(2): 141~ 144
- [ 21 ] 何绪生, 李素霞, 李旭辉, 等. 控释肥的研究进展. 植物营养与肥料学报, 1998 4(2): 97~ 106. He X S, Li S X, Li X H, *et al*. Research advances in controlled releasing fertilizer (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science 1998 4(2): 97~ 106
- [ 22 ] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2007 National Bureau of Statistics of PRC. China Statistical Yearbook (In Chinese). Beijing: China Statistics Press, 2007
- [ 23 ] 李家康, 林葆, 梁国庆. 中国化肥应用前景. 中国供销商情, 2003, (9): 12~ 14 Li J K, Lin B, Liang G Q. The perspectives of fertilizer application in China (In Chinese). Supply and Sales Market Condition of China 2003, (9): 12~ 14
- [ 24 ] 李宪斌. 我国化肥施用现状及前景分析. 农资科技, 2001, 3: 12~ 13. Li X B. Fertilizer application status and dissecting the perspectives (In Chinese). Agricultural Material Science and Technology, 2001, 3: 12~ 13
- [ 25 ] 李家康, 林葆, 梁国庆, 等. 对我国化肥使用前景的剖析. 磷肥与复肥, 2001 16(2): 1~ 5 Li J K, Lin B, Liang G Q, *et al*. Dissecting the perspectives of fertilizer application in China (In Chinese). Phosphate and Compound Fertilizer 2001 16(2): 1~ 5
- [ 26 ] 吴建富, 施翔, 肖青亮, 等. 我国肥料利用现状及发展对策. 江西农业大学学报, 2003 25(5): 725~ 727 Wu J F, Shi X, Xiao Q L, *et al*. Present situation of utilization of fertilizer in China and development strategy for fertilizers (In Chinese). Acta Agriculturna Universitatis Jiangxiensis 2003, 25(5): 725~ 727
- [ 27 ] 张树清. 中国农业肥料利用现状、问题及对策. 中国农业信息, 2006, 7: 11~ 14. Zhang S Q. Present situation of utilization problem and strategy of fertilizer in China (In Chinese). China Agricultural Information, 2006, 7: 11~ 14

## DEVELOPMENT OF CHEMICAL FERTILIZER INDUSTRY AND ITS EFFECT ON AGRICULTURE OF CHINA

Shi Yuanliang Wang Lingli Liu Shubin Nie Hongguang

*(Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)*

**Abstract** A retrospect is presented of the development of the production and application of chemical fertilizer in China and changes in soil nutrient balance caused by chemical fertilizer application was explored with emphasis on progresses in the study on development of new types of fertilizer, mainly referring to stable type fertilizer, compound fertilizer and coated fertilizer. In light of the status quo situation of the chemical fertilizer industry of the country, some problems are pointed out like existed that were unreasonable product variety structure, lower input involvement load, irrational allocation of unreasonable fertilizer resource, imbalanced ratio of allocation, nutrient input ratio imbalance, slow development of new types of high-efficiency fertilizers. Based on analysis of the we analyzed its existing problems, future trend of the development of the chemical fertilizer industry of China is predicted at last gave a prospect on chemical fertilizer developing trend.

**Key words** Chemical fertilizer, Development, Status, Trend