



化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

中国肥料产业发展探讨

赵秉强

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

E-mail: bqzhao@163.com

zhaobingqiang@caas.cn



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





一、中国肥料产业发展需要回答的问题？

- 中国肥料产业发展十字路口：
- 方向不明？
- 数量不清？
- 结构无序？





一、中国肥料产业发展需要回答的问题？

- 方向：肥料产业走向何方？

世界：低浓度→高浓度，单质肥→复混肥，复混肥→专用化，品种结构受经营体制影响：液体肥料、固体肥料等。

中国过去发展：有机肥→化肥；低浓度→高浓度；单质肥→复混肥；复混肥→专用化；目前肥料品种类型非常丰富，将来如何发展？

- 数量问题：目前氮磷肥料过剩（2012年氮肥产量4313万吨，2011磷肥产量1642万吨），钾肥自给不足（2012年：370/776万吨，占47.6%），未来需要多少肥料？
- 结构问题：发展什么类型的肥料品种？学习国外：液体肥+**BB**肥？





二、影响中国肥料产业未来发展的驱动因素？

- 农业生产体制变化：土地流转与规模化经营、机械化（施肥、播种、管理、收获全程）。生产方式变化，影响肥料的流通、施用和品种结构。
- 灌溉制度的变化：改漫灌，实行精准灌溉，水肥一体化发展。大田作物上潜力很大，节水、节肥、省工、高产；在规模化经营的大田作物上潜力很大，华北、西北、东北地区有很大的发展潜力。
- 资源约束与替代：磷钾资源短缺；有机废弃物资源的化肥替代；秸秆还田直接影响我国的钾肥消费（**维持土壤速效钾平衡，每季作物需施钾肥（K）70 kg hm^{-1} 以上，黄淮海小麦玉米秸秆还田后补充88 kg hm^{-1} ，不需要再施钾肥**）
- 肥料立法：资源、生产、流通、施用的各个环节都将有法可依。





三、中国肥料研究需要解决的生产问题？

- 对传统化肥进行增效改性：尿素、碳铵、硫酸铵、氯化铵、磷铵、过磷酸钙、钙镁磷肥、钾肥等改性增效，提高产品性能。
- 土壤生态平衡的矫正：过分依赖化学肥料、追求高产、盛行连作，大量用药，导致土壤生态平衡和养分平衡出现问题。发展生物类肥料、功能肥料等新品种，矫正连作障碍、改善土壤生态平衡，减轻病虫害发生。
- 农田污染修复：对污染退化土壤进行功能恢复，土壤调理剂发挥作用。如镉米：发展镉米控污肥料，生产功能性肥料。
- 中微量元素缺乏矫正：开发高效活性液体肥料，促进生长、矫正中微量元素缺乏、改善品质、提高产量。主要是果树、蔬菜、经济作物等。
- 解决资源短缺问题：磷钾资源问题。
- 养分资源循环利用：发展有机类肥料。



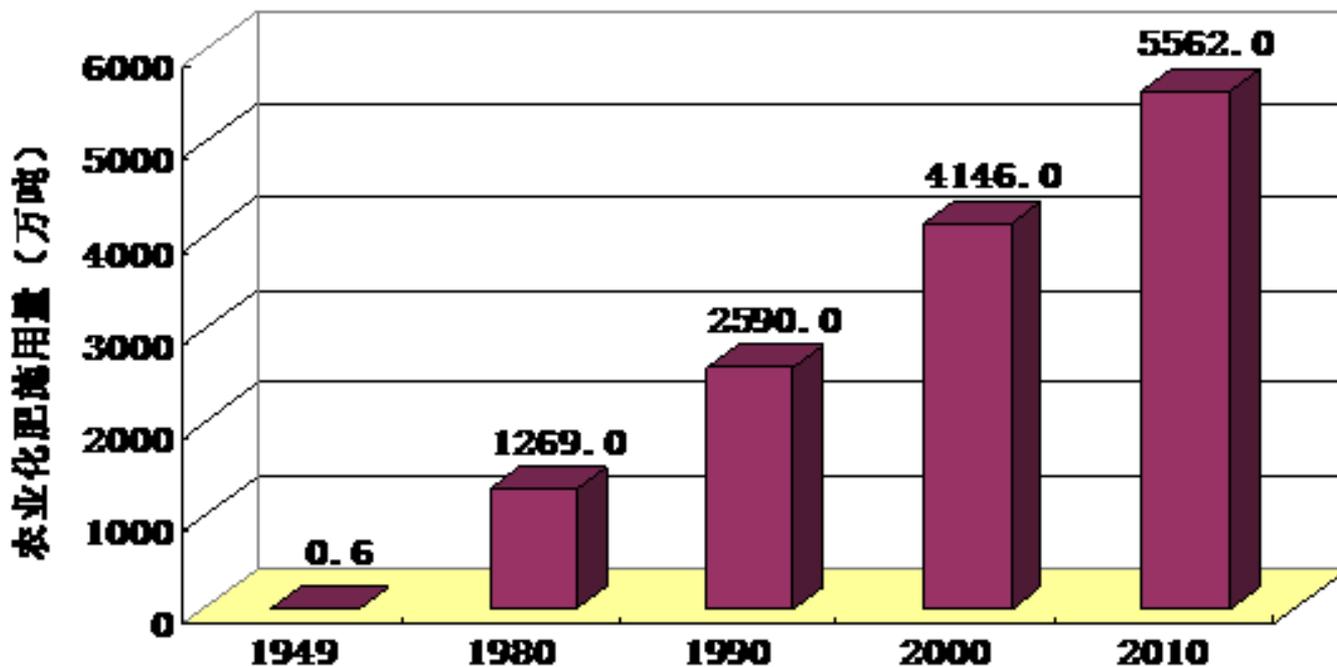


四、中国肥料产业发展若干问题探讨





(一) 中国农业需要多少化肥？



中国农业化肥施用量 (万吨)





(一) 中国农业需要多少化肥?

2030年化肥需求量预测 (李家康, 2001年)

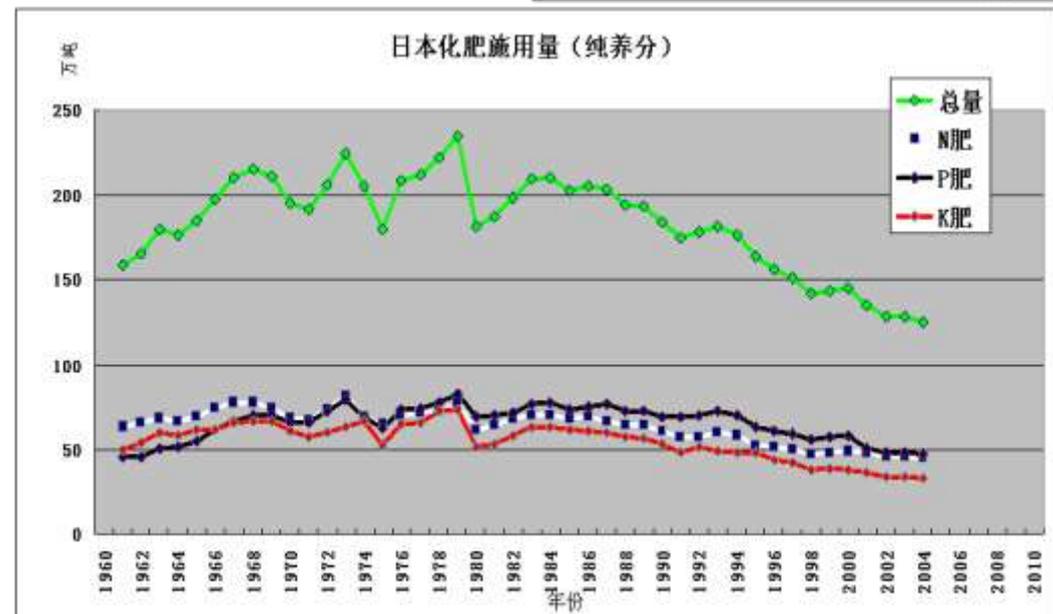
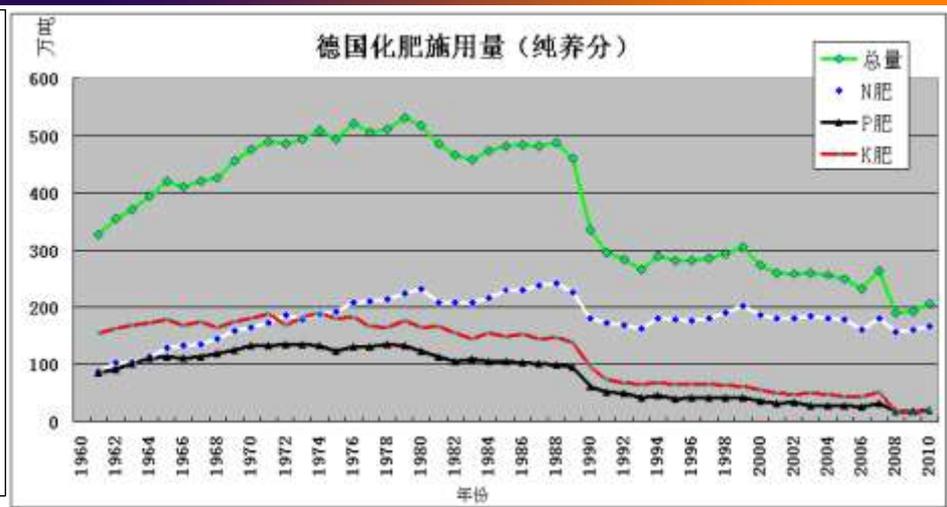
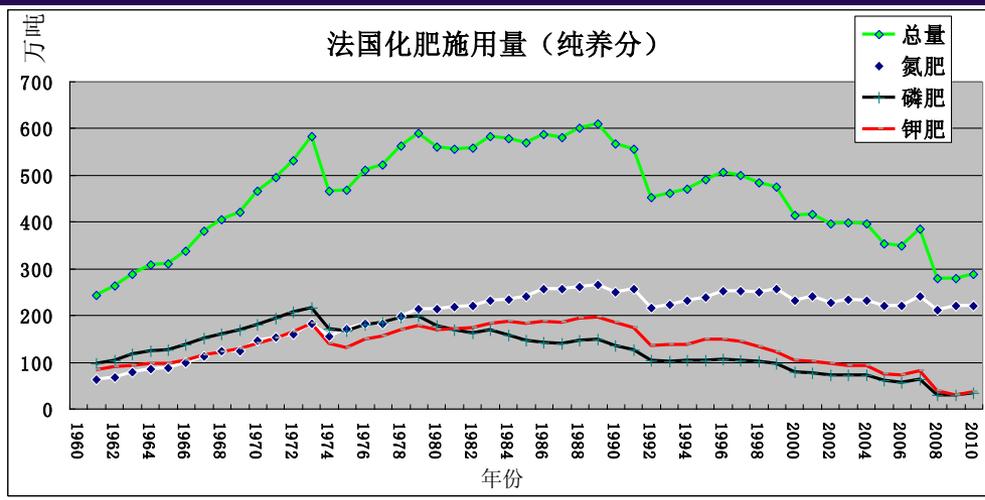
行 业	化肥增量(万吨)	总量(万吨)
粮食作物	1500	6800
经济作物	680	
林 业	330	
草 业	50	
渔 业	90	
总 计	2650	





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





（一）中国农业需要多少化肥？

未来肥料研究的重点应当是如何提高效率与利用率，而不是继续大幅度提高施肥水平。所以，更新观念、打破传统，力争在未来20年，我国肥料产业实施**质量替代数量**发展战略，化肥用量力争控制在5500万吨左右，在不增加或少量增加化肥用量的前提下，通过提高效率，保证我国的粮食安全。

质量替代数量是中国肥料产业未来发展的道路！





（二）缓释肥料产业发展

1. 中国缓释肥料发展经历三个阶段

- 20世界80年代探索起步：70年代从包裹型肥料研发起步；
- 20世纪90年代初步发展：溶剂型的树脂包衣技术和包裹型肥料技术；
- 2000年以后快速发展：树脂包衣、包裹型、硫包衣、稳定肥料、尿醛肥料等全面发展，并实现产业化，在生产中发挥作用。





2. 中国缓释肥料进行了两次技术引进和集成创新

- **2005年以前：**以引进日本溶剂型树脂包衣缓释肥料技术为主要特征，通过消化吸收和集成创新，形成了产业化。以北京市农林科学院徐秋明教授和金正大的技术为主要体现。
- **2005年-至今：**以吸收和引进美国、加拿大无溶剂反应成膜树脂包衣缓释肥料技术为主要特征，通过消化吸收和集成创新，形成产业化，整体技术水平达到国际先进水平。以中国农大、中国农科院、华南农大等的技为主要体现。
- **当前面临三次创业和科技创新：**从材料、工业设备、质量标准等方面全面自主创新，已没有国外经验借鉴。





世界缓/控释肥料生产消费情况（吨）

（赵秉强，杨相东等，2011）

地区	1983	1995	2000	2004	2006*	2010**
美国	202,000	356,000	414,300	569,000	590,000	600,000
西欧	7,600	8,700	108,200	120,900	125,000	130,000
日本	44,000	119,000	92,600	97,000	110,000	120,000
中国***				200,000	350,000	700,000
加拿大					150,000	150,000
总计	253,600	483,700	615,100	986,000	1275,000	1700,000





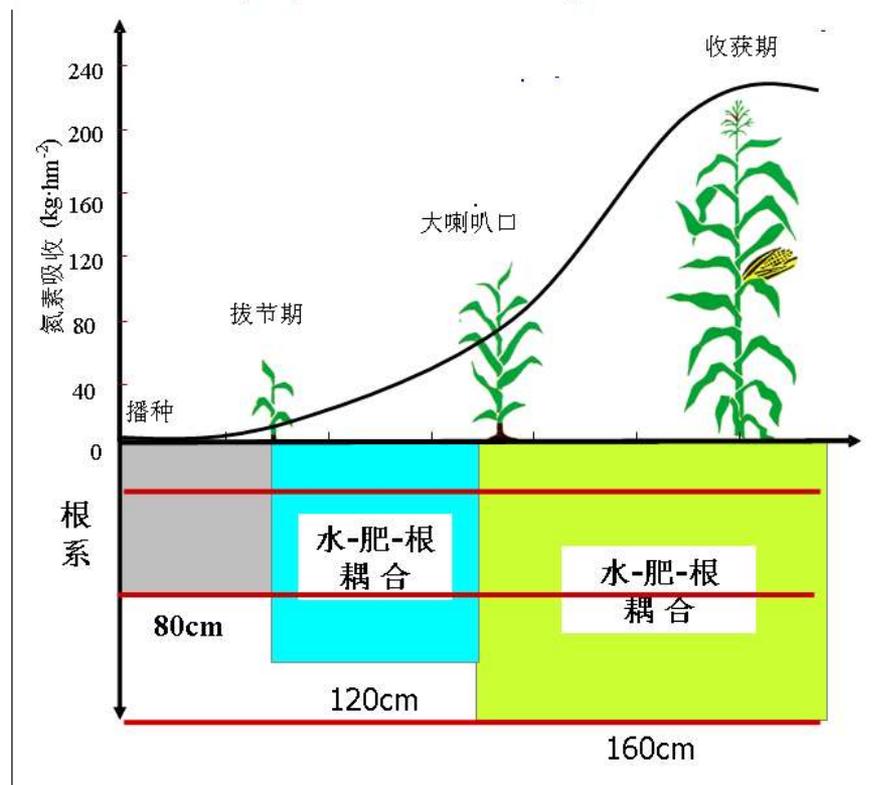
3. 中国缓释肥料产业如何发展？

3.1 明确大田作物需要什么样的缓释肥料？

缓释肥料养分在0-20cm土壤中的释放是“S”型的，并不能保证养分在整个土体中的供肥性也是“S”型的！

理论上讲：肥料缓释性设计原则应当是“肥料养分在土体中的供肥性与作物需肥规律相匹配”—— S型

水-肥-根时空高效耦合理论





3.2 发展什么产品类型？

- 现有产品类型：
 - **有标准：** 树脂包衣、包裹型、硫包衣、稳定肥料、尿醛肥料
 - **无标准：** 许多工艺简单、效果好的肥料没有标准，如增值尿素等，有机质包膜尿素，尿醛、稳定性等肥料的衍生品等
- 未来产品类型重点？
 - **有标准：** 树脂包衣、包裹型、硫包衣、稳定肥料、尿醛肥料？ **是不是方向？**
 - **无标准：** 增值尿素，有机质包膜尿素，尿醛、稳定性等肥料的衍生品等是不是方向？ 其他类型新产品？
- 发展方向： 工艺简单、成本低、效果好、适合大田作物使用的缓释肥料。





双控复合缓释肥/有机质包膜缓释肥（赵秉强等，专利产品）

技术经济指标	树脂包膜尿素	双控缓释尿素	有机质包膜尿素
设备	需特殊设备	转鼓设备	转鼓设备
产能	工艺复杂 产能低	工艺简单 产能高	工艺简单 产能高
成本	成本高	成本低	成本低
缓释原理	物理缓释	物理+化学+生物	物理+化学+生物
适宜作物	草坪花卉园艺	大田作物	大田作物
施用技术	使用技术高	使用技术简单	使用技术简单
效果	效果好	效果好	效果好
环境	膜材料残留	缓释材料天然 环保安全	缓释材料天然 环保安全





3.3 工艺设备创新？

- 大产能：单条生产线产能超过万吨以上
- 连续化：提高产品质量的稳定性
- 自动化：省工、高效、产品质量稳定

3.4 完善标准？

- 国外缓释肥标准是按浅根草坪和园艺花卉需肥规律制定的，可能并不适合大田深根作物；
- 根据大田作物对缓释肥的要求，不断制定和完善缓释肥料标准。





（四）尿素增效改性

发展增值尿素
提高氮肥利用率





尿素改性增效的主要途径

尿素
改性
增效
技术

缓释法改性增效

包膜缓释：高聚物包膜，无机材料包膜

合成微溶态缓释肥料：脲甲醛、异丁叉二脲（**IBDU**）、丁烯叉二脲（**CDU**）

稳定法改性增效：添加脲酶抑制剂、消化抑制剂等材料，
通常叫稳定性肥料

增效剂法改性增效：添加生物活性物质类氮肥增效剂，如海藻酸、腐植酸、氨基酸等，增效剂改性尿素通常叫增值尿素





1. 增值尿素的概念

- 增值尿素 (Value-added Urea) 是增效肥料的一种，专指在尿素生产过程中加入腐植酸、海藻酸和氨基酸等天然活性物质所生产的尿素改性产品。

2. 增值尿素的特点

- 增效明显，添加的增效剂具有常规的可检测性；
- 增效剂为天然物质及其提取物，对环境、作物和人体无害；
- 增效剂微量高效，添加量在**0.3‰-3‰**之间；
- 工艺简单，成本低；
- 含氮量不低于**46%**，符合尿素含氮量国家标准。





增值尿素具有产业优势

包膜尿素	稳定性尿素	脲醛类肥料	增值尿素
二次加工， 需特殊设备	基本不存在二次加工	二次加工	不存在二次加工
工艺复杂	工艺简单	工艺较复杂	工艺简单
成本高	成本较高	成本较高	成本较低
使用技术要求高	使用技术要求不高	使用技术要求不高	使用技术要求不高
膜残留	腐蚀设备， 不适于豆科作物	环境问题： 产生甲醛	不腐蚀设备 增效剂环保安全





3.1 海藻酸增效剂及海藻酸尿素

- 海藻酸尿素：该增值尿素产品的颜色为浅黄色至浅棕色，含氮量 $\geq 46\%$ ，海藻酸含量 $\geq 0.03\%$ ，尿素残留差异率 $\geq 10\%$ ，氨挥发抑制率 $\geq 10\%$ 。





3.2 锌腐酸增效剂及锌腐酸尿素

- 锌腐酸尿素：该增值尿素产品的颜色为棕色至黑色，含氮量 $\geq 46\%$ ，腐植酸含量 $\geq 0.15\%$ ，腐植酸沉淀率 $\leq 40\%$ 。

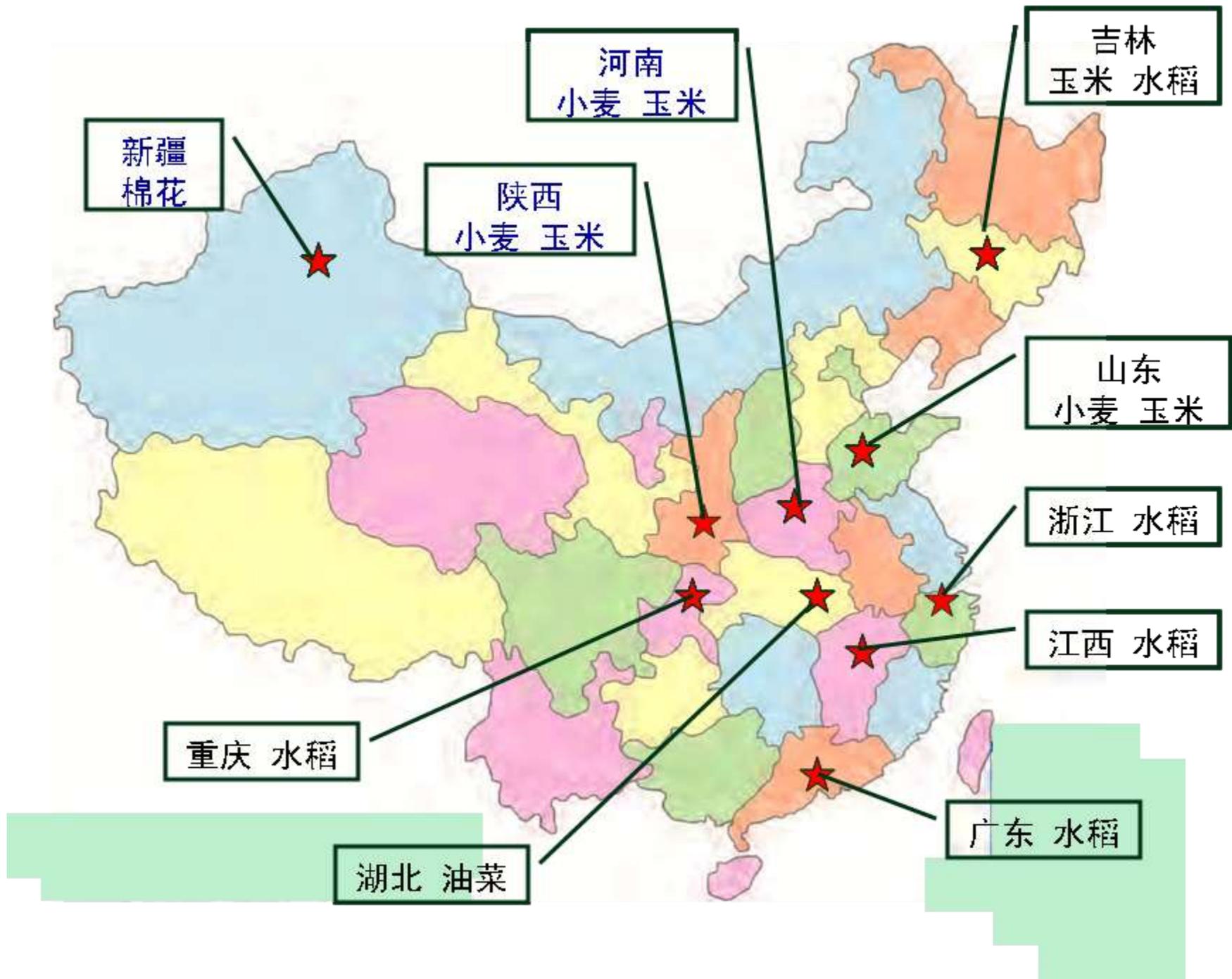




3.3 禾谷素增效剂及禾谷素尿素

- 禾谷素尿素：该增值尿素产品的颜色为白色至浅黄色，含氮量 $\geq 46\%$ ，氨基酸含量 $\geq 0.08\%$ ，氨挥发抑制率 $\geq 10\%$ 。







- 增值尿素通过调节促进根系生长与活性、抑制土壤脲酶活性、降低氨挥发损失、改变尿素的转化运移模式等综合作用，作物平均增产**9.6%**，氮肥利用率平均提高**7.9**个百分点。



¹⁵N试验研究表明，腐植酸增效尿素可明显提高氮肥利用率（**2007**，赵秉强等）

处 理	氮素利用 (%)	土壤残留 (%)	损失 (%)
CK	37.3 d	18.8 b	43.9 a
HA1	42.5 c	17.9 d	39.6 b
HA2	50.5 a	19.1 a	30.4 d

玉米的¹⁵N盆栽试验





4. 我国的增值肥料市场发展

- 据最新调查，目前我国利用氨基酸、腐植酸、海藻酸等改性的增值尿素年产达到300万吨，推广面积约1.5亿亩，增产粮食45亿公斤，农民增收80多亿元，减少尿素损失超过60万吨。未来3-5年将发展1000万吨。





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

化肥增值产业技术创新联盟



指导单位：中国氮肥工业协会



盟主单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所



科研院所：中国农科院等技术研发单位组成，负责尿素增值技术研究与新产品开发

生产企业：尿素和增效剂生产企业组成，负责增值尿素新产品产业化和生产

推广单位：15个省农业科学院和农业大学组成，建立增值尿素新产品的试验示范网





（五）有机无机复混产业

有机无机复混肥

1. 增加土壤有机质含量

2. 消纳有机废弃物

3. 发展有机无机复合（混）肥料
优化化肥养分高效利用





发展有机无机复合（混）肥料 优化化肥养分高效利用

表1 有机无机复混氮肥（N）对玉米产量的影响（g/pot）
(赵秉强, 杜伟等2009)

氮肥水平	尿素（U）	有机无机复混氮肥（AU）
低氮 (105kg/ha)	61.59	69.1 (12.4%)
中氮 (210kg/ha)	83.5	87.5 (4.8%)
高氮 (315kg/ha)	87.7	92.4 (5.4%)





发展有机无机复合（混）肥料 优化化肥养分高效利用

表2 有机无机复混磷肥（P）对玉米产量的影响（g/pot）

（赵秉强，杜伟等2009）

磷肥水平	磷酸一铵（P）	有机无机复混磷肥（AP）
低磷 (45kg/ha)	44.8	53.4 (19.2%)
中磷 (90kg/ha)	60.8	67.6 (11.2%)
高磷 (180kg/ha)	64.1	88.4 (37.9%)





发展有机无机复合（混）肥料 优化化肥养分高效利用

表3 有机无机复混钾（K）肥对玉米产量的影响（g/pot）
(赵秉强, 杜伟等2009)

钾肥水平	硫酸钾（K）	有机无机复混钾肥（AK）
低钾 (75kg/ha)	75.8	96.9 (27.8%)
中钾 (150kg/ha)	81.4	78.7 (-3.3%)
高钾 (225kg/ha)	87.2	96.7 (10.9%)





发展有机无机复合（混）肥料 优化化肥养分高效利用

表4 有机无机复混氮肥（N）对玉米氮肥利用率的影响（%）
(赵秉强, 杜伟等2009)

氮肥水平	尿 素 (U)	有机无机复混氮肥 (AU)
低 氮 (105kg/ha)	-15.81	17.67
中 氮 (210kg/ha)	18.84	30.41
高 氮 (315kg/ha)	20.21	33.25





发展有机无机复合（混）肥料 优化化肥养分高效利用

表5 有机无机复混磷肥（P）对玉米磷肥利用率的影响（%）
(赵秉强, 杜伟等2009)

磷肥水平	磷酸一铵（P）	有机无机复混磷肥（AP）
低磷 (45kg/ha)	20.24	36.83
中磷 (90kg/ha)	37.10	38.32
高磷 (180kg/ha)	16.94	32.98





发展有机无机复合（混）肥料 优化化肥养分高效利用

表6 有机无机复混钾肥（K）对玉米钾肥利用率的影响（%）

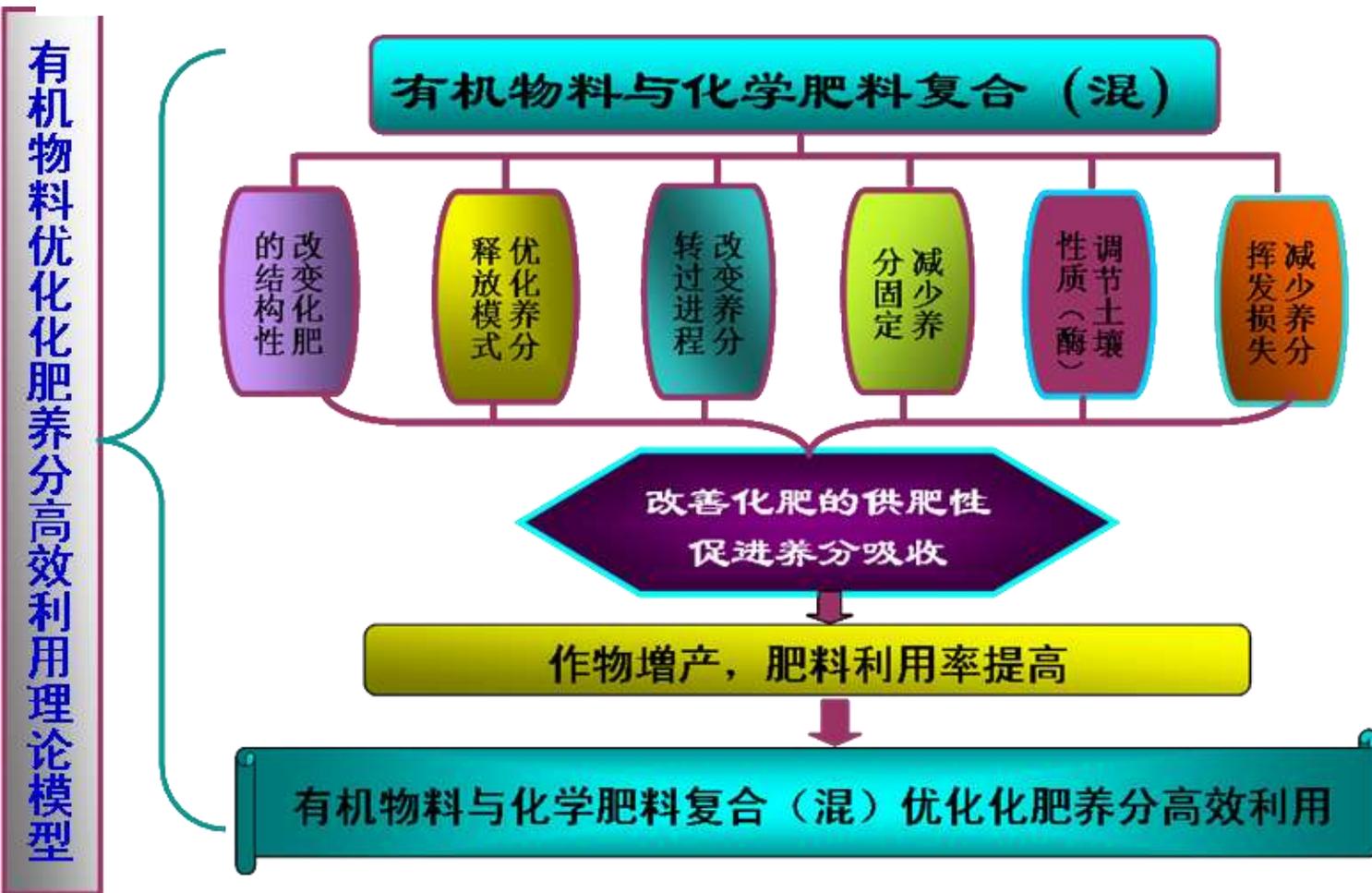
（赵秉强，杜伟等2009）

钾肥水平	硫酸钾（K）	有机无机复混钾肥（AK）
低钾 (75kg/ha)	-25.95	29.15
中钾 (150kg/ha)	10.42	7.15
高钾 (225kg/ha)	8.45	10.50





发展有机无机复合（混）肥料 优化化肥养分高效利用





有机无机复混肥市场定位

- 有机无机复混肥在经济作物，如棉花、花生、马铃薯、生姜、大蒜、油菜以及果树等作物上使用的潜力较大。
- 磷、钾含量较高的有机无机复混肥，也可以替代普通复混肥做基肥施用，如用作冬小麦的基肥施用。
- 高氮型的有机无机复混肥，也可以用来做追肥或一次性施用，如用在东北春玉米或华北夏玉米上。
- 因为浓度低，注意肥料投入量；肥料设计原则：20%的有机质含量，养分含量越高越好。
- 注意颗粒强度，方便机械施用。





(六) 复合（混）肥产业

- 我国肥料的复合（混）肥产业：**4000**家企业、**2000**万吨养分量、**5000**万吨商品量、复合化率**32%**。
- 工艺：化成（磷铵）、团粒、化成+团粒、氢钾工艺、高塔、脱水干燥成粒、挤压、掺混等。
- 产品类型十分丰富：高、中、低浓度，硫基、氯基、硝基、脲基，专用复混肥配方类型复杂多样（**2**万多个），与缓释、增效因子相结合的功能性产品类型繁多。
- 方向何处发展？**BB**肥，缓释一次性施肥，水溶性肥料；产业集中度提高。





(七) 钙镁磷肥产业

- 问题：产品定位不准确，剂型使用不方便，产业发展困难。
- 新的功能定位：（1）部分替代磷钾（非重要），（2）调酸（最重要，在南方土壤、北方的果树和蔬菜、东北土壤），（3）提供中微量元素（最重要），（4）控污（重要），（5）剂型：颗粒或水溶。商机巨大。
- 出路：作为母料，开发新的型功能肥料或土壤调理剂，开展全国网络化试验示范，制定新标准，形成新产业。





（八）低浓度氮肥

- 品种：碳铵（341万吨）、氯化铵（315万吨）、硫铵（75万吨）。
- 问题：浓度低、剂型差、缺乏市场竞争力；但是作物需要的好肥料。
- 改性提高产品性能：颗粒化+提高养分浓度+增效。如脲铵氮肥，增值碳铵（中国农科院新型肥料团队：颗粒化+21%N+增效防损失）。





（九）土壤调理剂

1. 土壤调理剂及其类型

土壤调理剂(Soil Conditioner): 是指加入障碍土壤中以改善土壤、化学和/或生物性状的物料。

- 调节土壤酸碱性：如石灰用来调整酸性土壤的pH值；
- 改良土壤结构：如石膏用来抑制土壤中的 Na^+ 等，沙改粘、粘改沙；
- 提升土壤有机质含量、改善土壤生物活性：如腐植酸类土壤调理剂；
- 保水抗旱功能：腐植酸类改良剂；
- 改良盐碱地：酸性味精废液为原料制作的盐碱改良剂，腐植酸类等；
- 修复连作障碍：抗连茬剂等
- 修复农药和重金属污染：微生物类的农残分解剂等。





2. 土壤调理剂为什么越来越重要？

- 我国土壤酸化问题越来越严重，需要土壤调理剂

土壤类型	1980s	2000s	
		粮食作物	经济作物
南方红壤	5.37	5.14	5.07
南方水稻土	6.33	6.20	5.98
西南紫色土	6.42	5.66	5.62
东北黑土	6.32	6.00	5.60
华北潮土	7.96	7.69	7.38
西北灰漠土	8.16	8.16	8.17

Guo J H et al., Science, 2010





- 中国土壤盐碱地面积大，需要土壤调理剂

中国盐渍土主要类型区面积与分布

盐渍土类型区	面积 (万亩)	气候类型区	分布区域
滨海海浸盐渍区	3210	湿润、半湿润区	沿海地区辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西、海南等11个省（市、区）
黄淮海斑状盐渍区	2550	半湿润、半干旱区	华北地区
东北苏打-碱化盐渍区	6555	半湿润、半干旱区	东北的黑龙江、吉林、辽宁等省
宁蒙片状盐渍区	12555	半干旱、干旱区	西北地区的宁夏、内蒙古等区
甘新内陆盐渍区	21600	干旱区	西北地区的甘肃、新疆等省（区）
青藏高寒盐渍区	7980	干旱区	青海西部、西藏等省（区）
合 计	54450		





- 中国土壤中微量元素越来越缺乏，需要土壤调理剂

**1991-2004年北京
褐潮土长期定位不同
施肥制度对土壤硫
(S)、锌(Zn)含
量的影响 (赵秉强等
2012)**

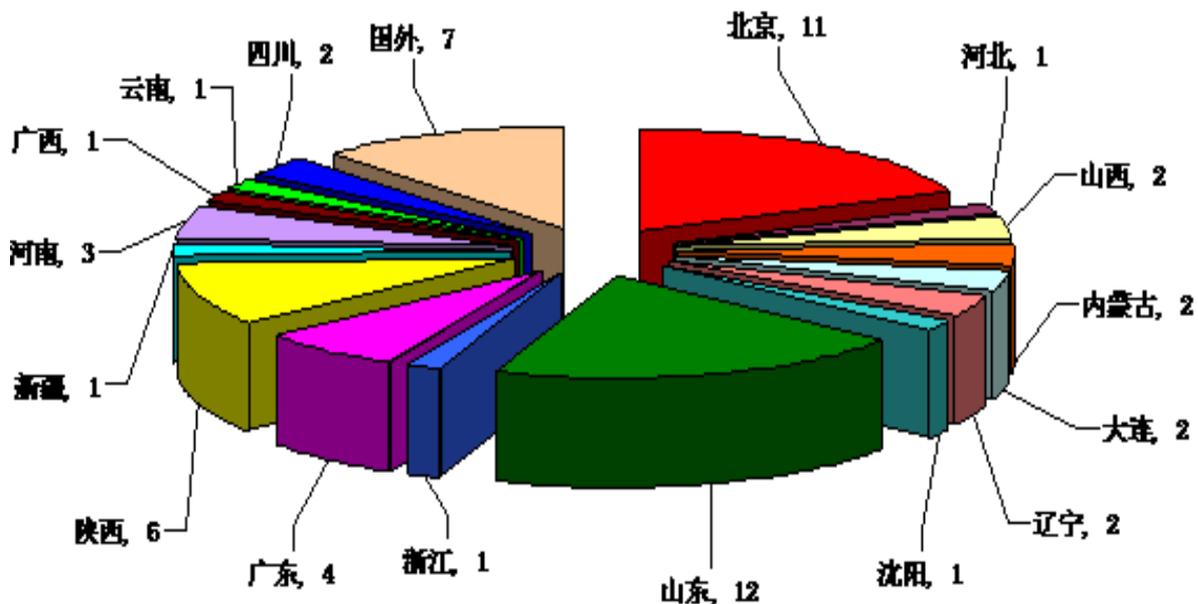
处理	S	Zn
CK0	31.07	1.77
CK	13.74	0.88
N	14.03	1.00
NP	17.44	0.88
NK	15.96	1.13
PK	14.48	1.08
NPK	20.26	0.75
NPK+M	19.96	3.13
NPK+1.5M	22.78	5.40
NPK+St	17.79	1.10





3. 土壤调理剂产业发展概况

全国土壤调理剂登记企业不足60家，产量不到100万吨



土壤调理剂生产企业分布情况
(农业部化肥质检中心)





4. 我国土壤调理剂市场发展潜力

土壤调理剂类型	面 积	估 计
酸化土壤改良剂	4亿亩	1000万吨/年
盐碱土改良剂	2.5亿亩	1000万吨/年
土壤连作障碍调理剂	3亿亩	800万吨/年
土壤保水剂	2亿亩	200万吨/年
合 计	11.5亿亩	3000万吨/年





(十) 水溶性肥料

水
溶
性
肥
料

叶面肥料

灌溉肥料

水
肥
一
体
化

水溶性肥料与喷滴灌相结合，实现水肥一体化，实现施肥少量多次，肥料利用率高、节水、节肥、省工、高效、环保、高产、优质。

水溶性肥料将有可能成为我国未来最具发展潜力的肥料类型





(十) 水溶性肥料

- 机遇：灌溉管道化、精准化，带动水肥一体化发展。
- 潜力：大田作物，未来粮食增产20-30%的重要技术支撑；不用整平土地发展灌溉。
- 限制因素：经营规模化、肥料品种，施用技术的理论支撑体系，设备。





(十一) 商品化有机肥

- 过去：上世纪80年代以前，化肥短缺的时代一家一户种田，种植和养殖相结合，家家都有小型堆肥场，形成封闭循环农业，农村环境卫生好，不存在有机废弃物污染问题。
- 现状：规模化养殖与种植脱节的产物。
- 是不是方向？发展有争议。新政策要求养殖须有配套消纳的农田，如何实施？政策如何引导？





(十二) 生物肥料

- 产业现状（2011年）：800家企业，850万吨产品，11种产品类型，1480个登记产品，施用面积1.5亿亩；出口20万吨。
- 主要产品类型：（1）微生物菌剂9个（根瘤菌剂、固氮菌剂、溶磷菌剂、硅酸盐菌剂、光合细菌菌剂、有机物料腐熟剂、促生菌剂、复合菌剂、菌根菌剂和生物修复菌剂；（2）生物有机肥：菌+有机质/肥；（3）复合微生物肥料：菌+无机养分（6-25%）。
- 产品需求方向：土壤污染修复；连作障碍消除（防病）；高效固氮；促进养分循环（解磷解钾）；秸秆快速腐熟等。





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟

Thanks

化肥增值产业技术
创新联盟

化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

