

农业绿色发展与化肥增效

张卫峰 张福锁

中国农业大学

国家农业绿色发展研究院

中国绿色食品发展研究院



主要内容

一、化肥的作用与社会的误解

二、化肥与农业绿色发展

三、中国肥料产业绿色发展创新联盟

目前社会上对化肥有诸多的误解

- 化肥是化工产品，所以是污染物
- 化肥利用率30%意味着70%损失和污染环境
- 化肥导致土壤板结
- 化肥使水果蔬菜不好吃了
- 最好不用化肥，甚至要消灭化肥

化肥是20世纪工业革命最大的成果

1. 来自于自然界，作用效率比生物固氮高3000倍
2. 养分浓度高，比传统有机肥省工省力
3. 养分含量稳定，利于定量施用和精准控制
4. 养分释放速度快、便于及时供应和定向调控
5. 本身无害，危害来自不合理施用

化肥对环境的保护作用与影响

减少水土流失



美化生态环境



培肥土壤地力



改良土壤结构



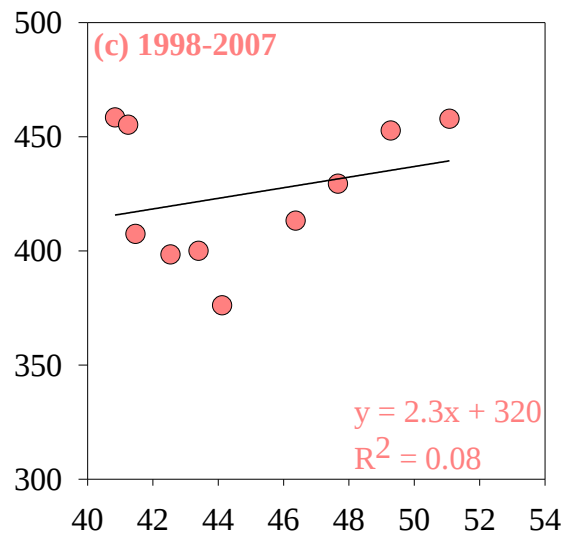
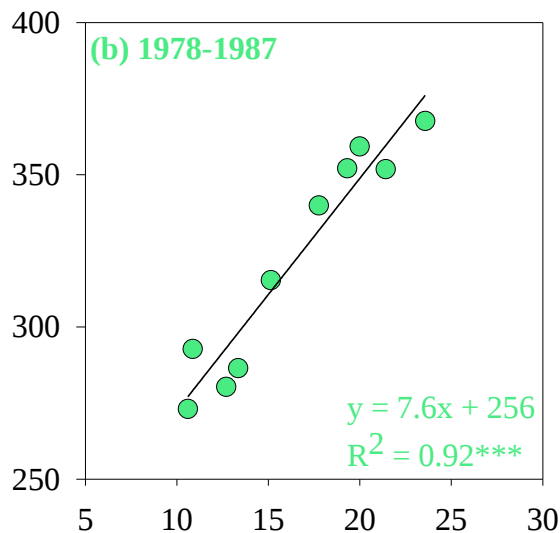
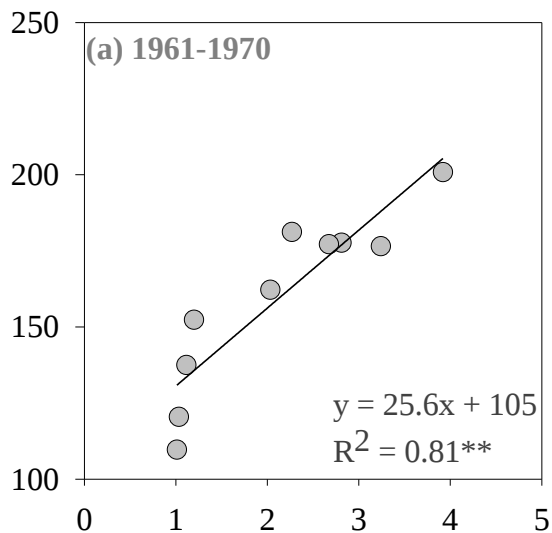
增加植被覆盖面积



丰富物种多样性

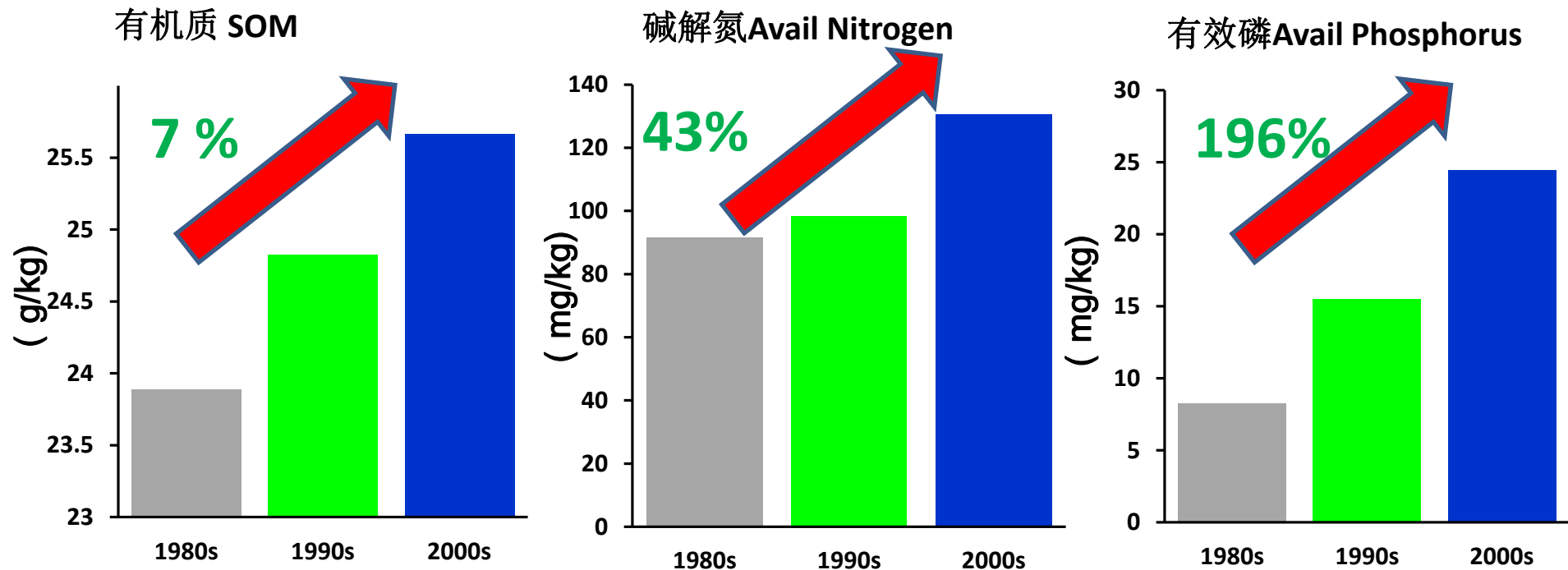


化肥养活了全球50%的人口；中国不同时期化肥对粮食增产的贡献不同，高的可达92%



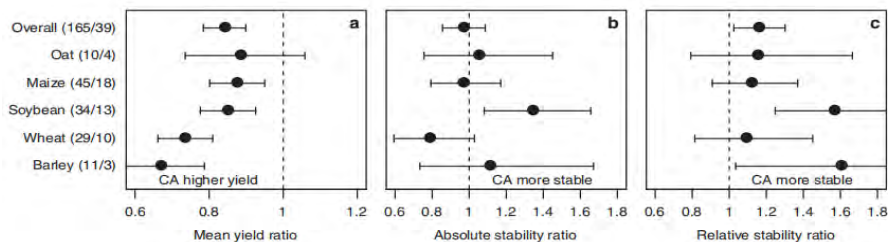
在1961-70, 1978-87, 1998-2007期间，化肥对粮食的增长贡献分别是
81%，92%，8%.

化肥在增产的同时极大地提高了土壤肥力和土地生产力

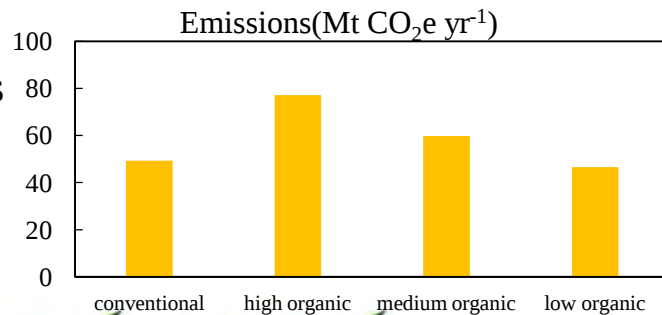


与1980s相比，有机质，碱解氮和有效磷分别提高了7%，43%和196%

纯有机种植模式下作物产量下降、温室气体排放增加、土壤盐离子累积



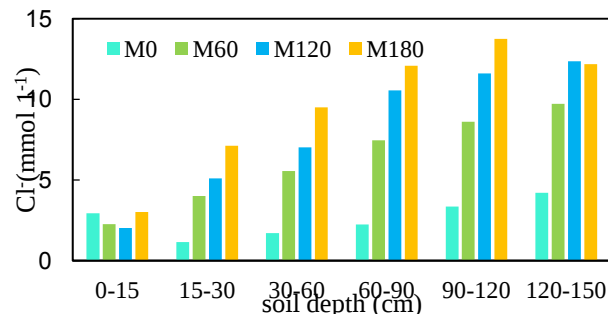
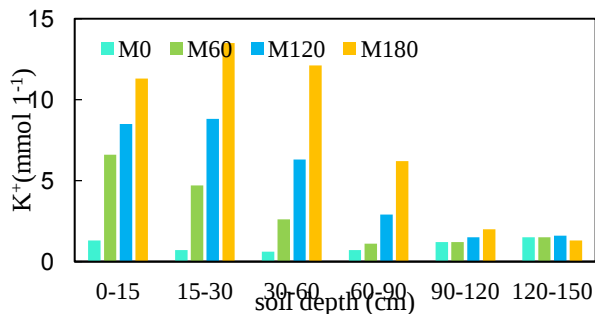
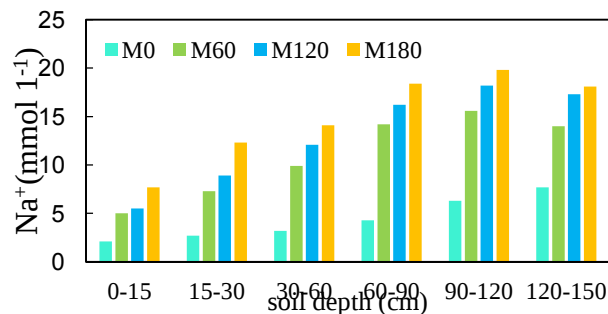
GHG emissions



Organic farm

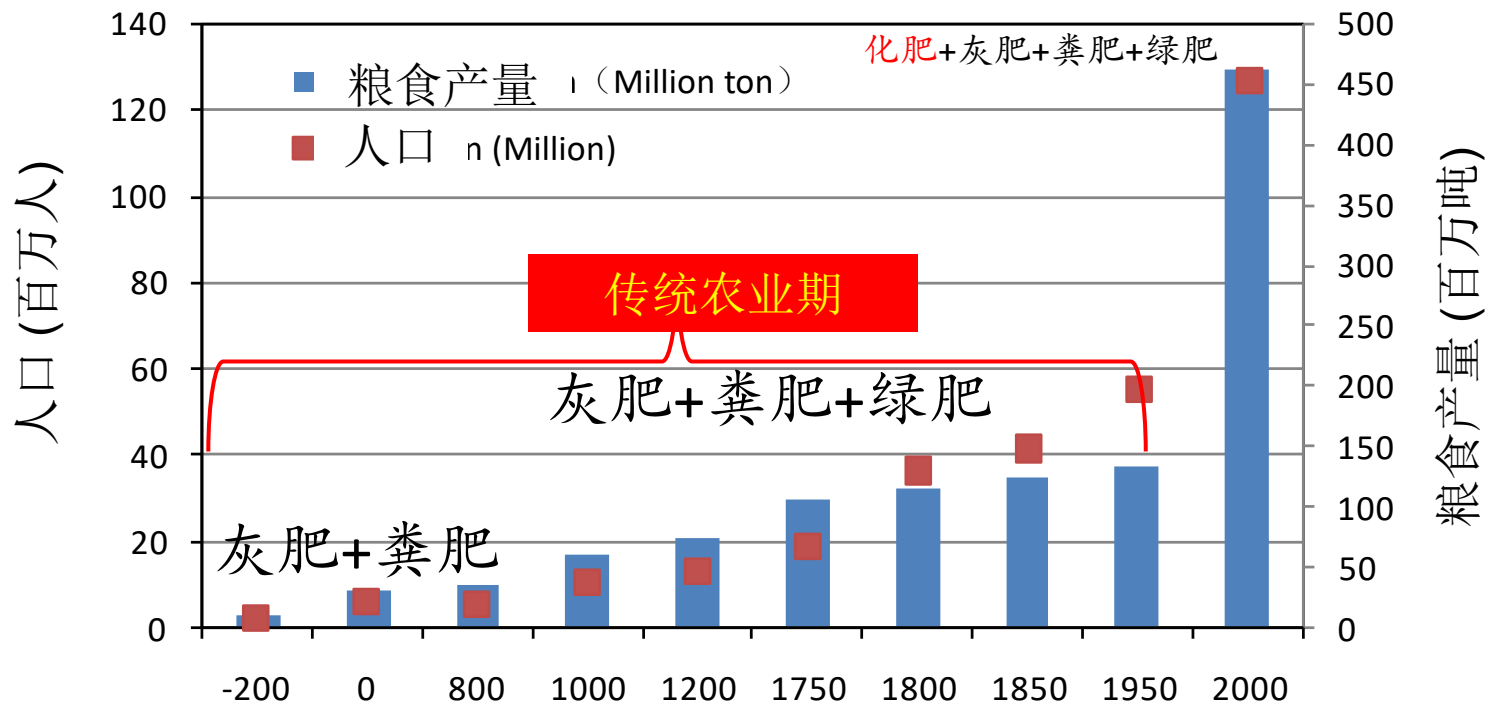


Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻



化肥必不可少，化肥产业必须大力发展

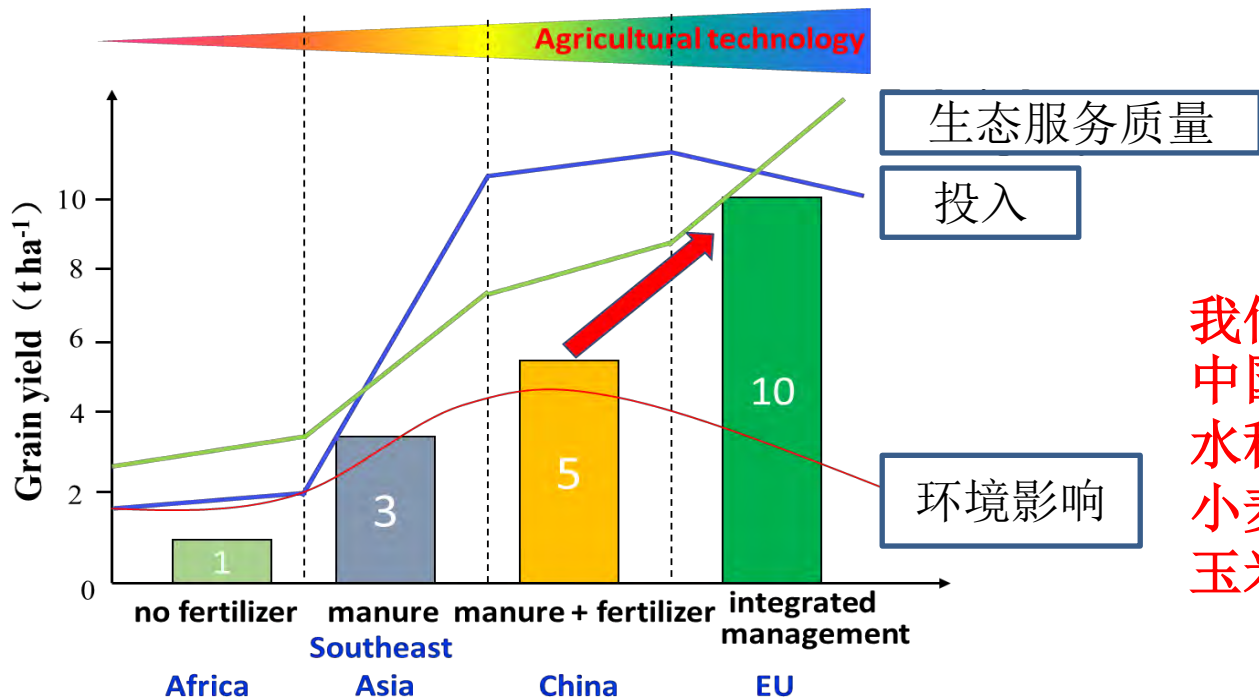
秦汉至清朝，我国每亩地小麦和水稻的产量仅从106斤和80斤增长到195斤和291斤。施用化肥至今，我国小麦和水稻单产可以达到1200-1400斤。



主要内容

二、化肥与农业绿色发展

全球作物增产和绿色发展的空间巨大



我们已经意识到了
中国要实现高产
水稻, 8.5t/ha
小麦, 9.2t/ha
玉米, 14.2t/ha

(Sachez, Nature Plants, 2015)

(Chen et al., Nature 2014)

农业绿色发展

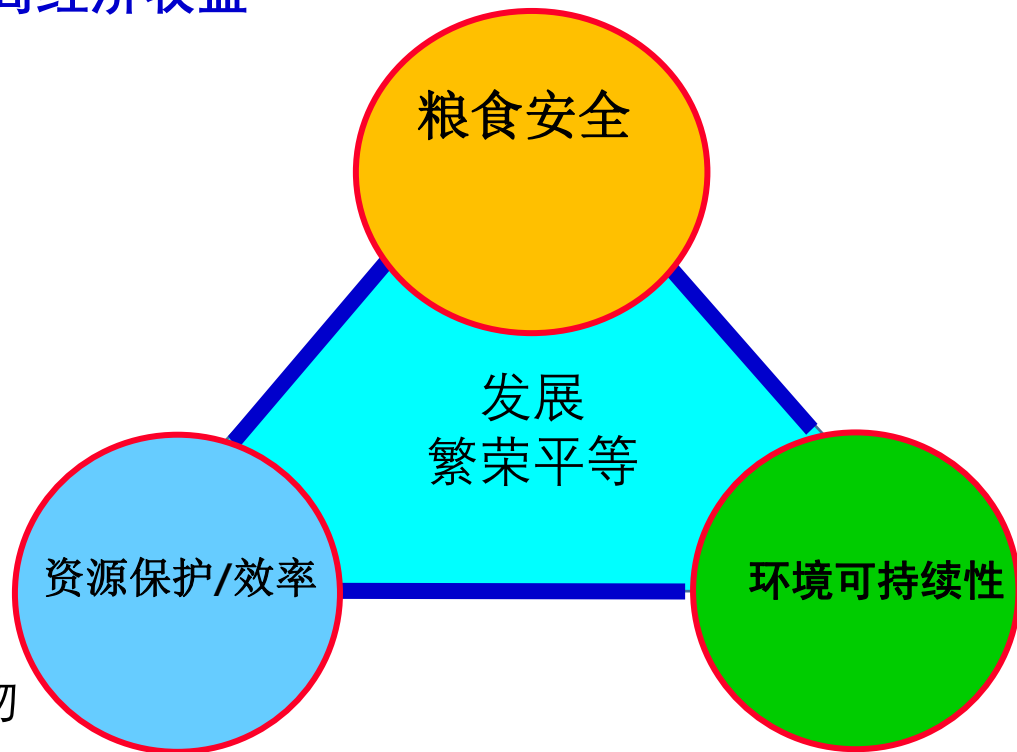
- ◆ 从数量生产导向型转到提质增效导向型
- ◆ 绿色发展追求更高质量和高经济收益

三大支柱

- ◆ 粮食安全
- ◆ 资源保护
- ◆ 环境可持续性

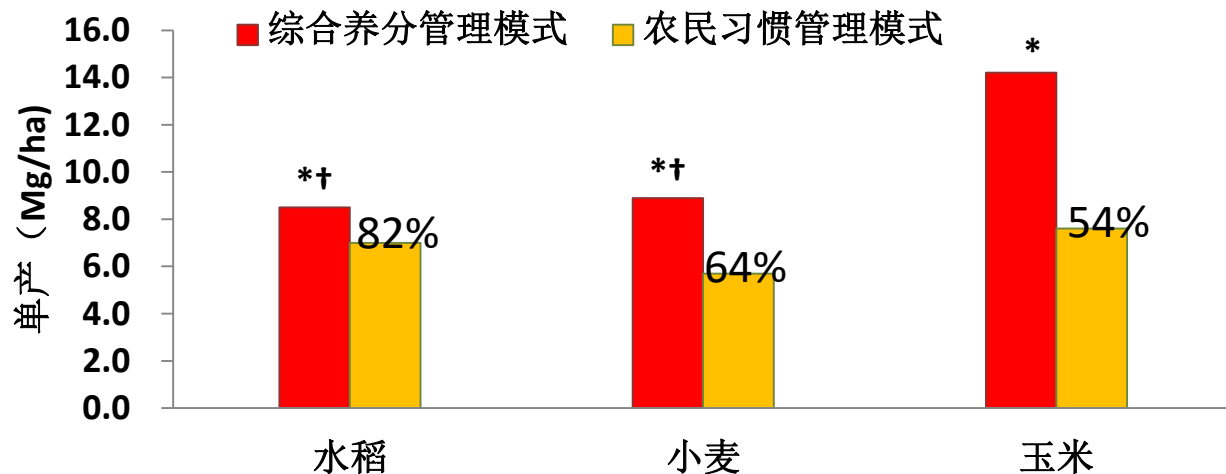
六大目标

- ◆ 产量增加30%
- ◆ 资源利用率提高30%
- ◆ 排放减少50%
- ◆ 收入翻一倍
- ◆ 供应既安全又有营养的食物
- ◆ 生物多样性



增产肥：产量不高、投入很高

中国作物仅仅实现了产量潜力的54-82%，进一步增产需要科学施肥与其他技术的紧密配合。



三大粮食作物实际产量和产量潜力比较

(Chen et al., 2014, Nature)

增收肥：高品质香蕉Vs低品质香蕉



Vs



环保肥：根据大气和水体质量要求控制化肥用量



World Health Organization

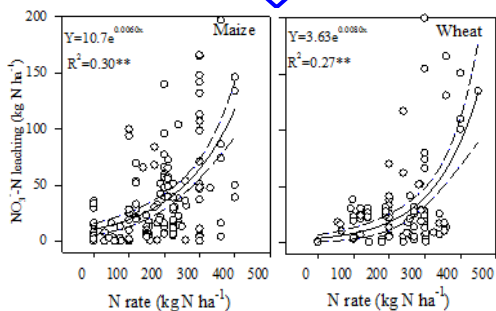
饮用水硝酸盐限量标准
:11.3 mg N L⁻¹



华北平原水入渗量 (2,500 m³ ha⁻¹ yr⁻¹)



农田硝酸盐淋洗阈值
(28.3 kg N ha⁻¹ yr⁻¹)

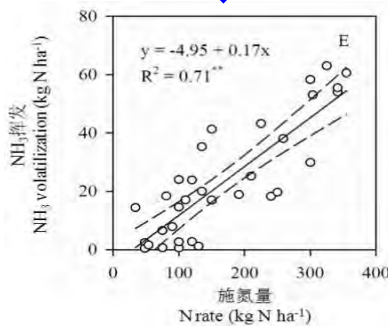


氮肥投入阈值: 202 kg N ha⁻¹ yr⁻¹

生态系统氮沉降阈值:
10kg N ha⁻¹



农田氨挥发阈值
42 kg N ha⁻¹ yr⁻¹

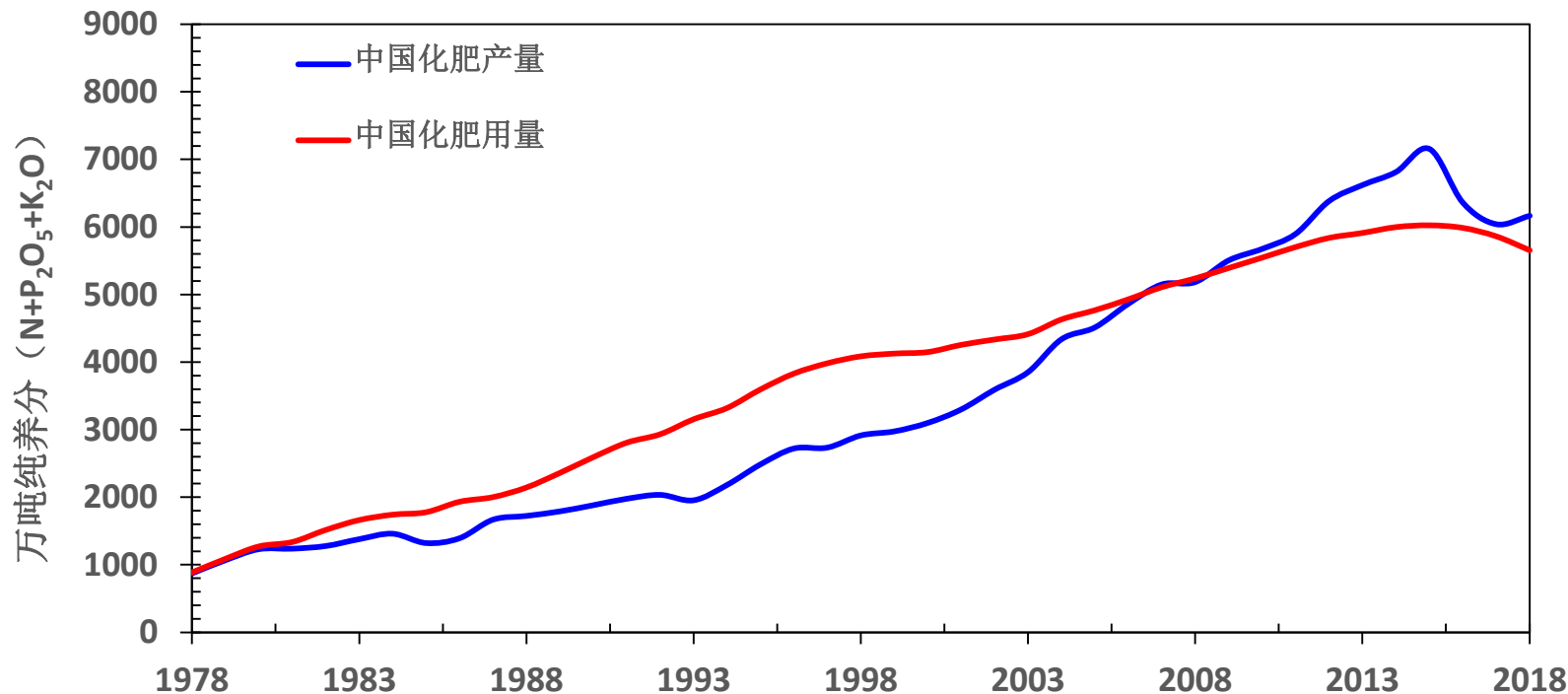


氮肥投入阈值: 276 kg N ha⁻¹ yr⁻¹

国家科学施肥行动

- 2005年《测土配方施肥行动方案》
- 2008年《关于进一步推进企业参与测土配方施肥工作的意见》
- 2012年《全国农企合作推广配方肥试点实施方案》
- 2013年《小麦、玉米、水稻三大粮食作物区域大配方与施肥建议》
- 2015年《2020年化肥使用量零增长行动方案》
- 2015年化肥工业用电、铁路运输、税收特殊政策相继退
- 2017年《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》

自2015年化肥零增长政策出台以来，化肥产量和用量连续三年下降



但肥料产品一直不能满足作物和绿色发展需求

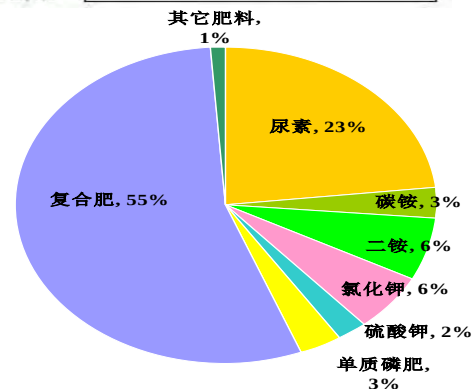
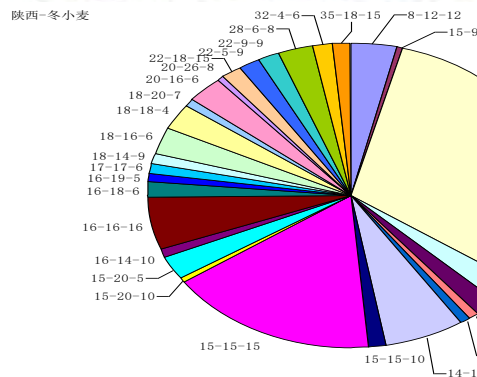
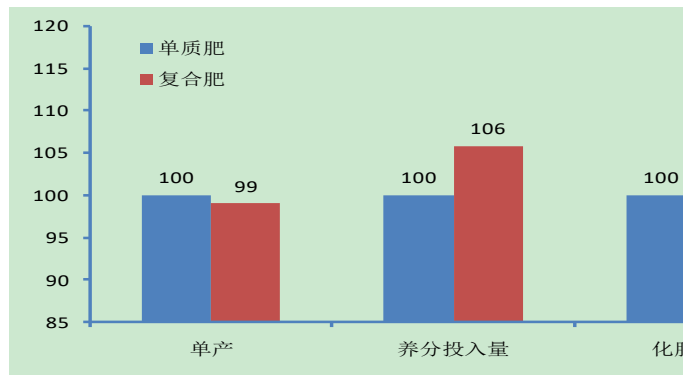
2008年全国肥料登记产品35132个，3%满足区域土壤作物需求
2013年全国肥料登记产品64340个，2%满足区域土壤作物需求

科学时报

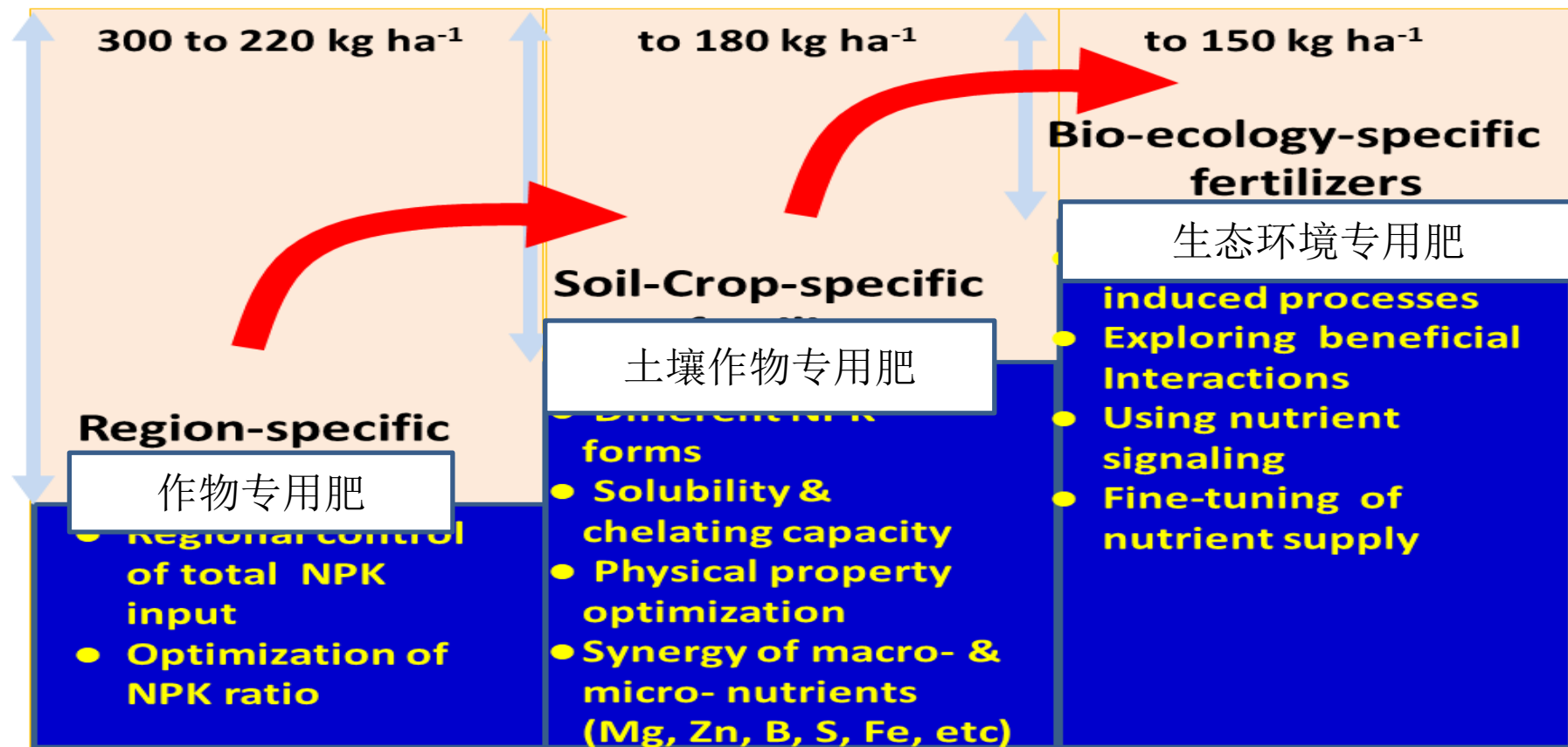
■ 网址: <http://www.sciencenet.cn> ■ 国内统一刊号: CN11-0084 ■ 邮发代号: 1-82 ■ 中国科学院主管 ■ 科学时报社出版

主 办:
中国科学院
中国工程院
国家自然科学基金委员会

2010年3月16日
星期二
庚寅年二月初一
总第4878期
今日八版



面向绿色发展的肥料及养分管理技术创新思路



主要内容

三、中国肥料产业绿色发展创新联盟

要解决中国肥料产业问题，就必须工农结合、从绿色原料到绿色食品全产业链改进

1. 缺乏科学生产知识;
2. 规模小\效益低;
3. 生产条件配套不足;
4. 抗风险能力差;
5. 兼业农民;
6. 妇女劳动力;

农户小而散

1. 土壤质量差，中低产田多;
2. 种植制度和经营结构;
3. 土地规模小、土地产权不清;
4. 机械化程度低;
5. 排灌设施不完备;

土壤瘠薄

1. 技术适应性差;
2. 服务体系不完善;
3. 信息渠道不畅;
4. 偏重技术推广，轻视农户教育;

服务缺位

1. 肥料产品和农业需求不配套，工艺和销售决定产品;
2. 肥料生产销售人员专业资质门槛低;
3. 肥料市场监管不到位，假化肥较多;

工农脱钩

1. 重数量，轻视农产品质量;
2. 种养分离，有机肥还田难;
3. 缺乏肥料立法;
4. 环保法规缺失;
5. 农业保险体系薄弱

政策不力

中国化肥过量的驱动因素



2018年11月9日

国家肥料产业绿色发展科技创新联盟的目标和使命



发展肥料产业竞争力

保护农业生态环境安全

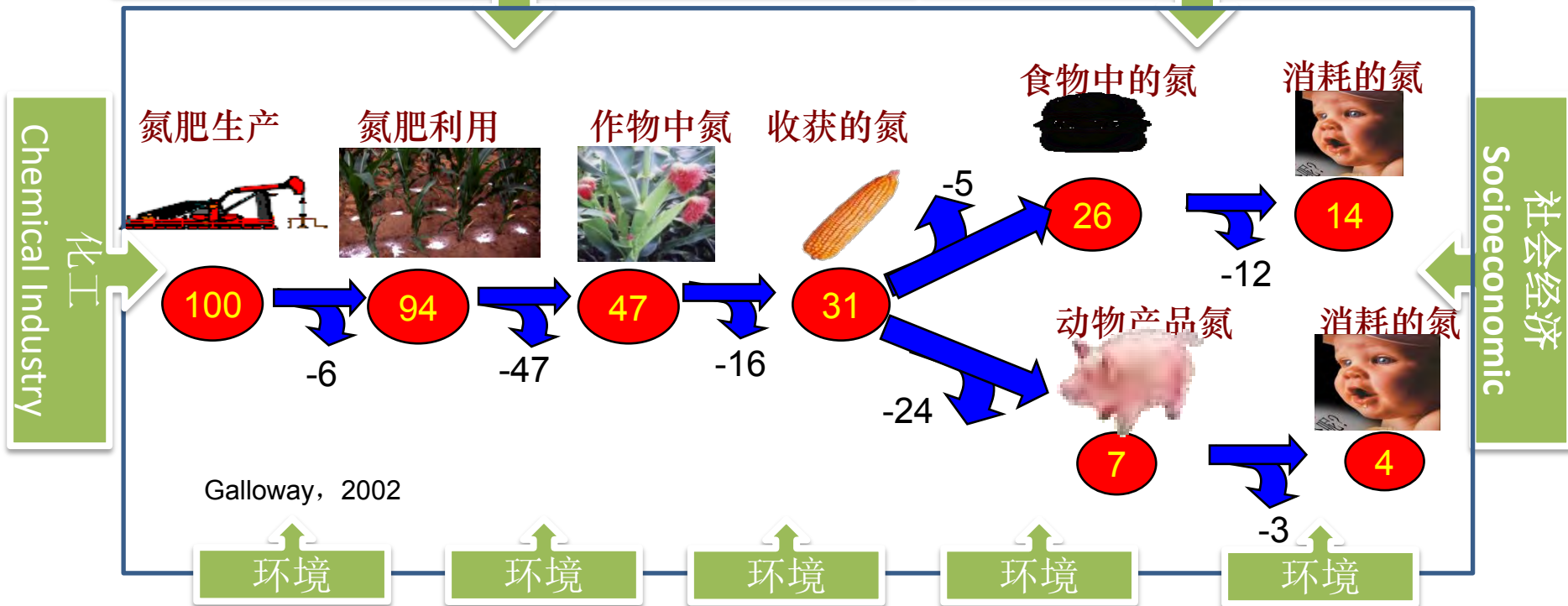
提升农产品质量安全

保障国家粮食安全

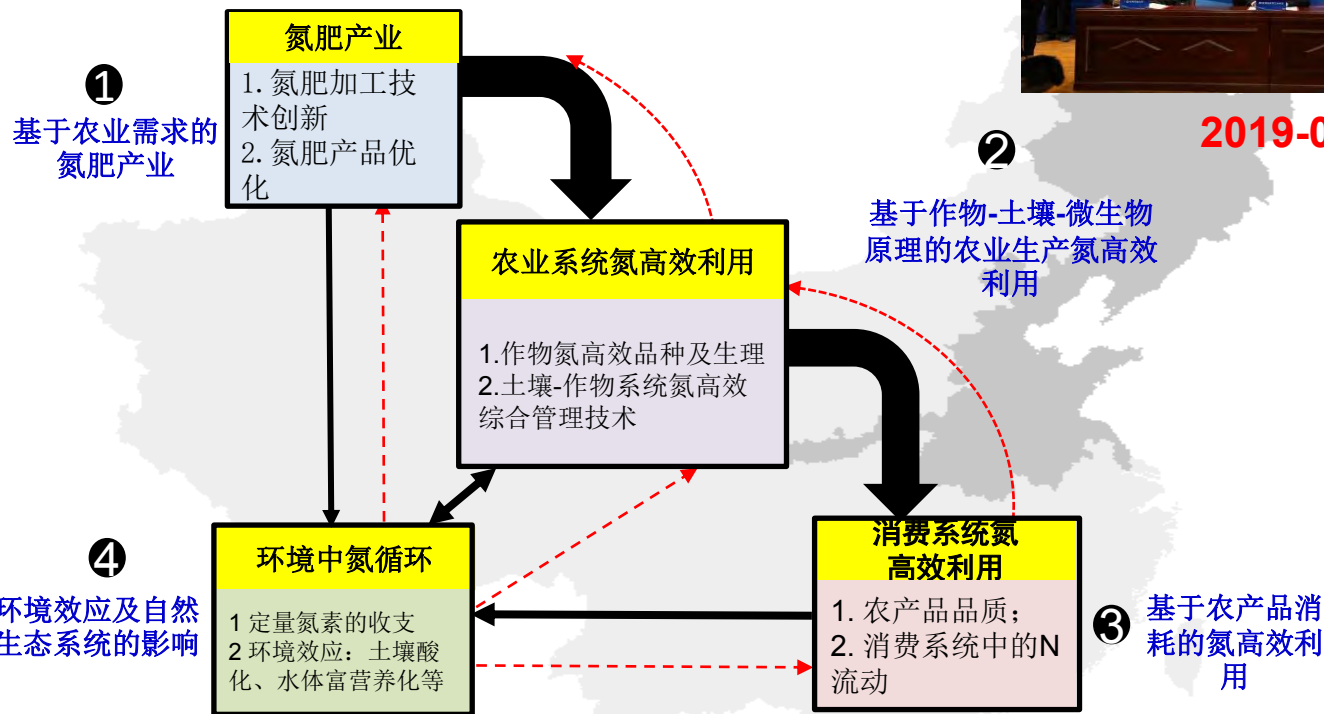
多学科交叉才能解决氮素增效和环境保护问题

土肥、育种、栽培、植保、农机、水利

动科、动医、食品



建立全产业链升级发展的氮平台



2019-05-07

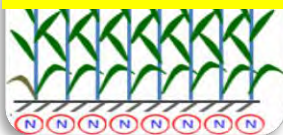
- 特色: 土壤-作物系统氮高效综合管理技术
- 优势: 全产业链研究氮的高效利用

氮肥高效利用及产品技术创新思路

品种高效



群体动态调控



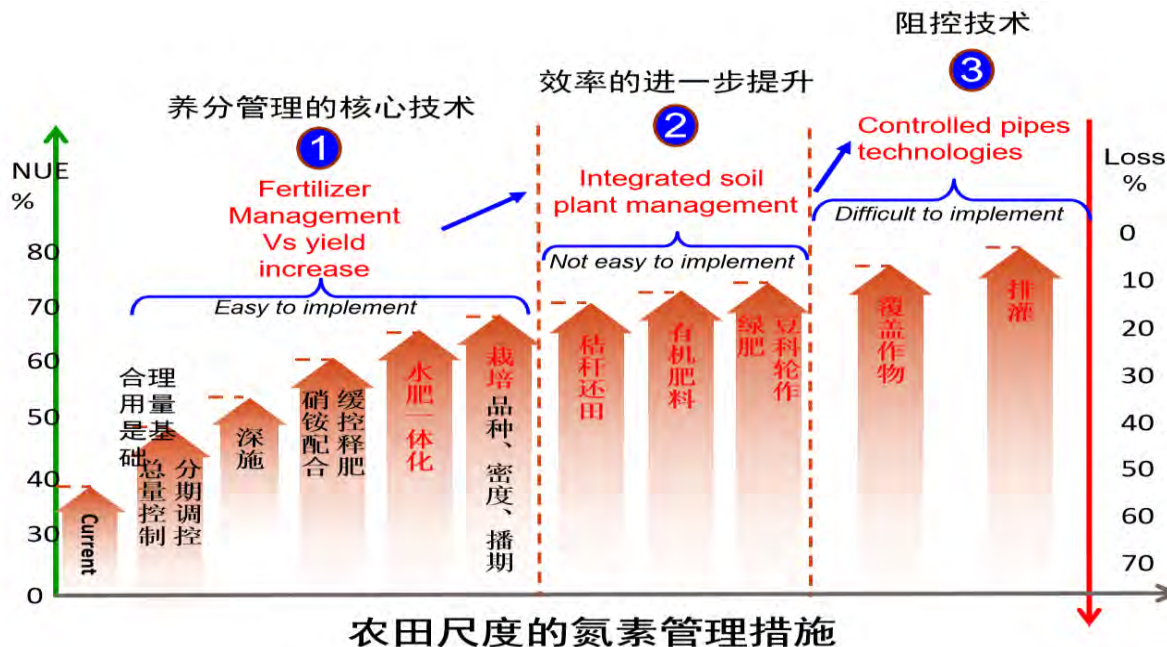
秸秆还田



有机肥替代



达到产量潜力的80%,优质率提升到90%
氮利用率提高到60%,氮盈余控制到90kg/ha



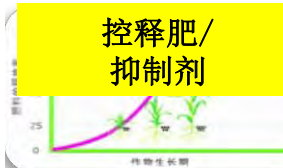
4R 养分管理



水肥一体化



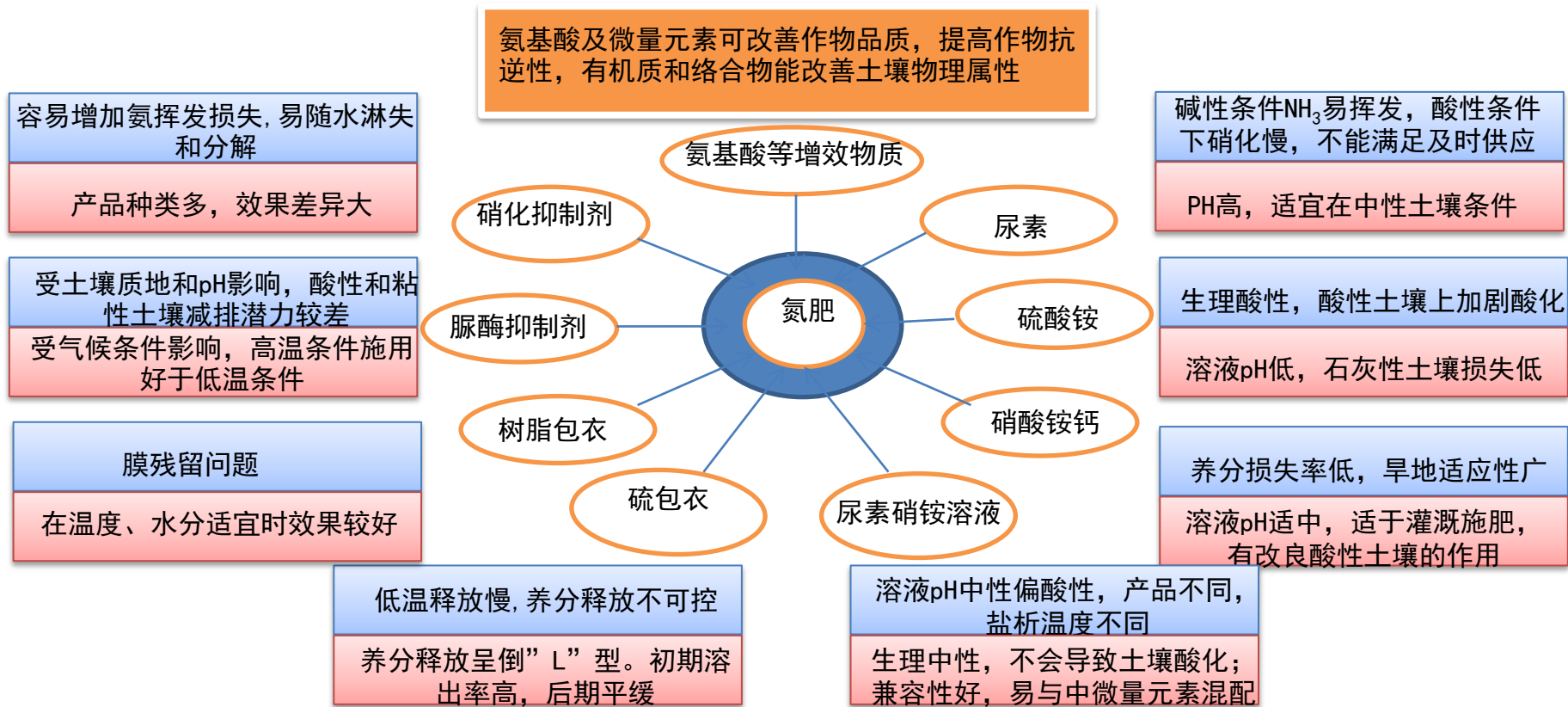
控释肥/抑制剂



机械深施/种肥同播



优化产品，促进企业发展



建立全产业链升级发展的磷平台



磷素高效利用及磷肥创制研究思路

肥料产品优化

过磷酸钙
一铵
二铵
三料磷
钙镁磷肥
聚磷酸铵
...

磷肥

施肥技术

- 水肥一体化
- 集中施用
- 品种匹配
- 时空匹配
- 无效化阻控

①磷肥施用调控

无效化 固定强烈

石灰性土壤/酸性土壤

土壤组分 ⇌ 吸附解吸
化学沉淀 ⇌ 磷素移动
和形态 ⇌ 磷素时空
有效性

②土壤过程调控

活化

- 有机物：各种有机肥
- 有机酸：腐植酸/黄腐酸

磷库特征？
(全磷、速磷和磷分
级)



(轮作、间套作等种植模式优化)

发展愿景：

1. 延伸磷矿资源可利用年度100年以上
2. 土壤磷水平维持到合理水平
3. 磷素零损失
4. 废弃物磷素全量循环

④根系调控

- 启动磷
- 生理酸性肥(硫铵)
- 聚谷氨酸促根

③微生物调控

- 激发碳提高微生物量磷和磷周转速率
- 解磷微生物

磷肥产品结构及发展方向



磷肥

磷酸一铵

酸性，适合于高pH土壤，中微量元素含量低

氮磷配比不适合直接施用

磷矿粉

中性偏酸，溶解性与聚合度相关，适宜聚合度为5-18

液体低聚磷酸铵与氮、钾及中微量元素配施，适合水肥一体化

聚磷酸铵

磷酸二铵

碱性，适合于酸性土壤，中微量元素含量低

氮磷配比不适合直接施用

过磷酸钙

酸性，适用于高pH土壤，富含钙硫

生产效率低、物理性状差

钙镁磷肥

碱性，适合于酸性土壤，富含钙镁硅

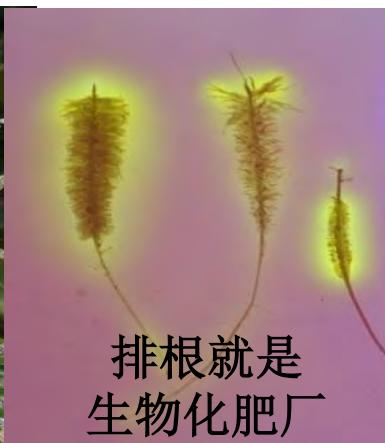
生产效率低、能耗高、环保差、物理性状差

澳洲坚果不喜欢高浓度水溶性磷，但农民普遍采用17:17:17或15:15:15造成磷中毒、缺铁、缺镁；我们开发了澳洲坚果专用肥

西双版纳澳洲坚果基地

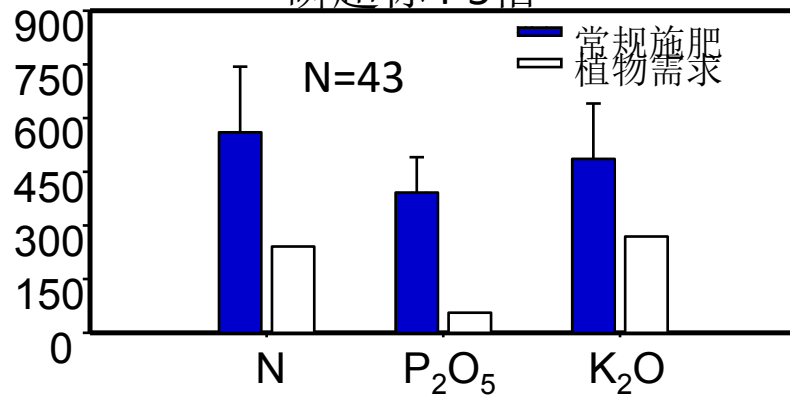


缺镁



农民施肥/植物需求 (g/plant)

磷超标4-5倍



过量施用氮磷钾可引起Mg缺乏症状

$450\text{N}-200\text{P}_2\text{O}_5-270\text{K}_2\text{O}$

K

N

-Mg

H⁺

Ca

Al



与工业对接，建立镁营养研究与应用平台



镁营养基础研究与与应用研究方向

科学研究

含镁专用肥
新型镁肥设计



镁吸收与利用
镁循环与管理



动物饲料镁添加
镁与动物健康



镁与食物品质
镁与人体健康

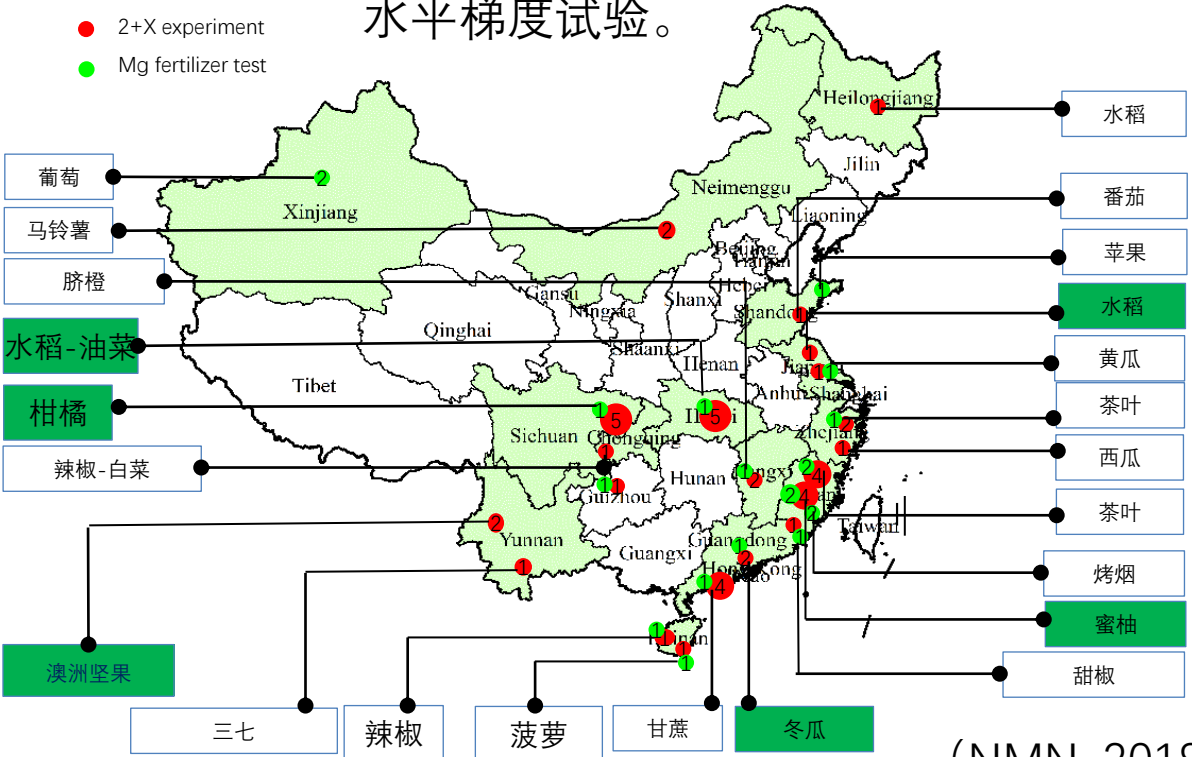


人才培养

- 青年科学家，致力于镁营养产业研究；
- 研究生，有志于农业绿色发展的镁营养事业；
- 农业生产者与服务者，从事于镁营养与农业高质量发展。

全国镁营养协作网：覆盖全国15省（市），21种作物

2018年，NMN共43个 2+X 试验， 20个Mg
水平梯度试验。



枣缺镁

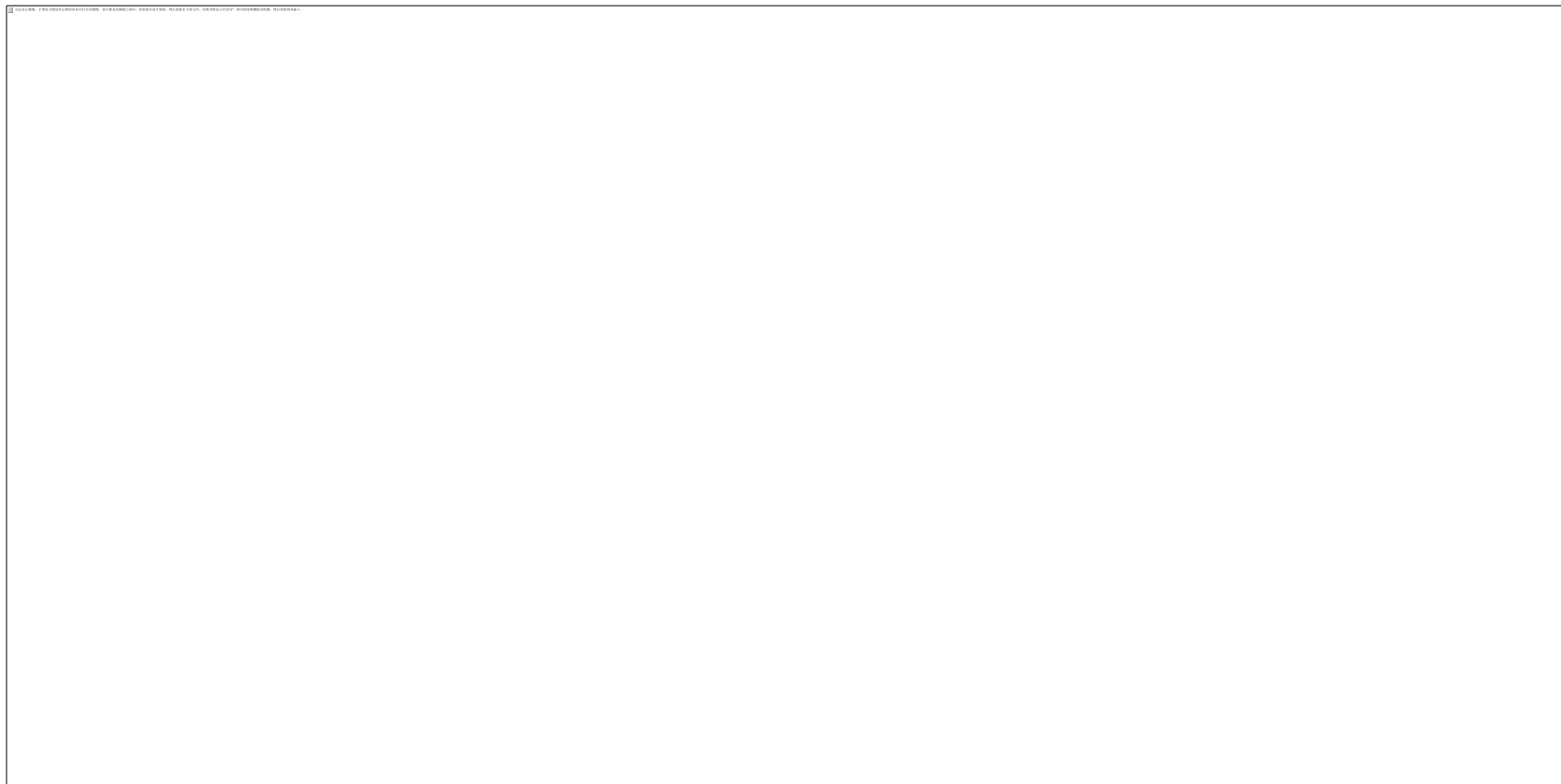
甘薯缺镁

桑树缺镁

柑橘缺镁

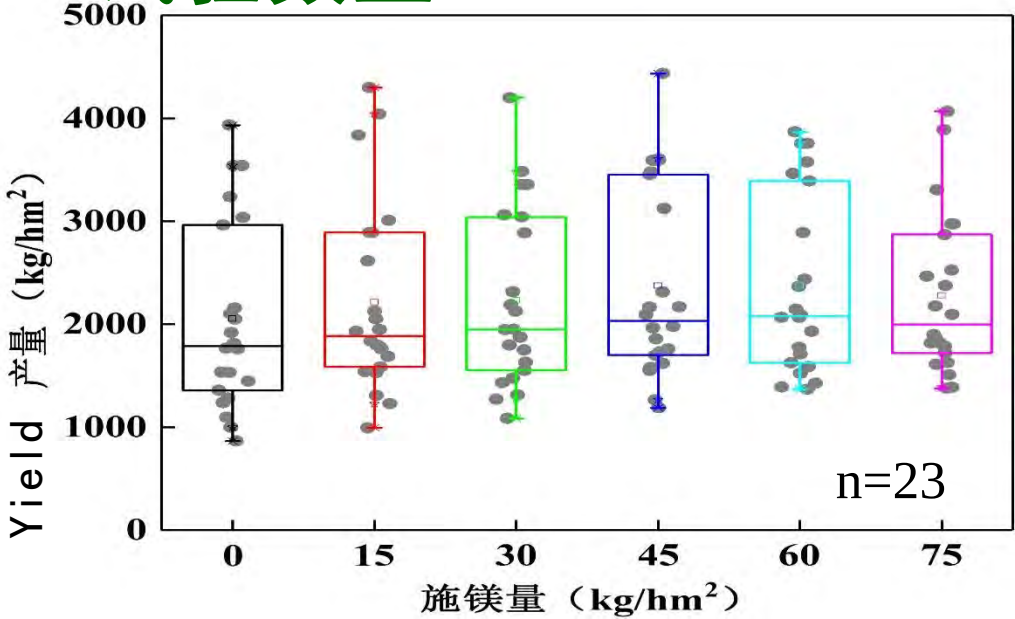
(NMN, 2018)

农田应用：施镁增产显著（佛山冬瓜）



农田应用：冬油菜主产区施镁增产

试验数量： n=23



处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	平均增产 Yield Increase (kg/hm ²)	平均增产率 Increase Rate of Yield %
Mg ₀	2019	--	--
Mg ₁₅	2237	218	10.8
Mg ₃₀	2227	208	10.3
Mg₄₅	2365	346	17.1
Mg ₆₀	2358	339	16.8
Mg ₇₅	2285	266	13.2

复混肥与测土配方施肥协作网

2010年10月27日启动新洋丰新型

肥料研发中心



新洋丰肥业公司

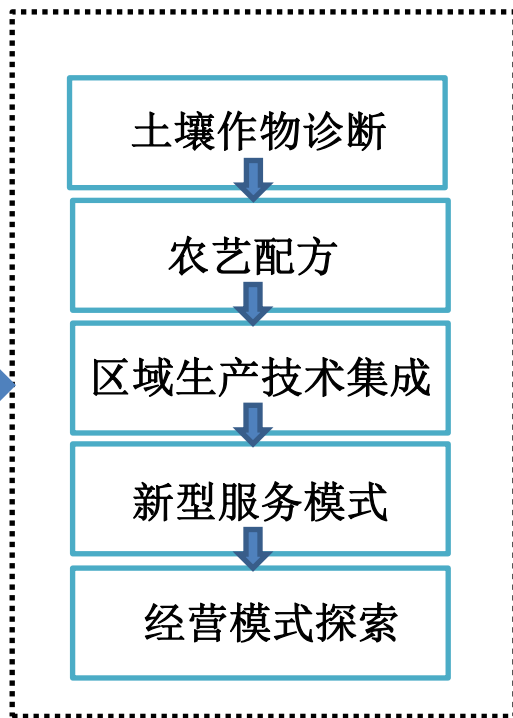


中国农业大学



司尔特肥业公司

2011年4月20日启动司尔特测土配方施肥研究基地



2016年12月31日启动龙蟒科技小院合作共建项目



龙蟒集团



中国农业大学

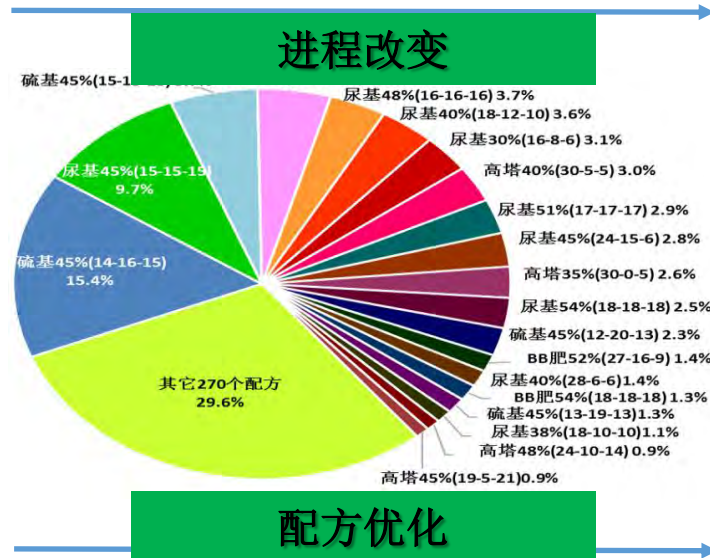


天脊集团

2018年4月24日启动天脊热作试验网络

技术1 - 肥料产品创新

从传统单一配方肥料向物专用肥不断发展



数据来源：中国农大-新洋丰新型肥料研发中心

示范+推广服务模式创新



高效平价肥料



洋丰经销商三年销量从1200到10000吨

吉林农安张野：“挖空心思赚钱，做了四年，试了各式各样不同的方法。钱花了不少，活干了不少，人累心累，销量上不去，一年辛辛苦苦毛利十来万元。”现在通过配方肥和农化服务，通过店面建设、专营系统设计、农化服务体系建设，销量年年翻翻。



旗舰店面建设



产品展示和资料



专业的店面人员



测土及施肥建议（
1200个样品）



农民技术培训



示范观摩



田间跟踪指导



试验示范

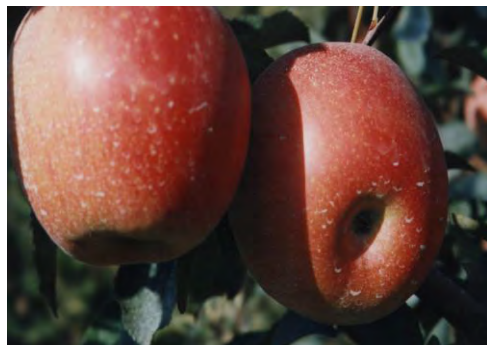
- ◆ 整建制推进（7台农化宣传车，1个月走遍农安县的每个村落，走访11000农户，发放技术资料30000份）
- ◆ 靠零售商农户带动

科技小院实现苹果提质增效

(商品率提升20%，节肥30%，效益增加35%)



NPK 15-15-15



NPK 12-12-17-Mg-Zn



洛川科技小院(5)

产量提升20%，节肥30%，
糖度提升1.2个百分点
效益提高30%。



专用肥年销量7万吨



洋丰科技小院(13)

产量提升20%，节肥20%
糖度提升1.5百分点
效益提高25%



昭通科技小院(1)

产量提升7.9%，节肥30%
商品率提升17.3%
效益增加35%



山东科技小院(2)

产量提升15%
减少化肥10-20%
糖度提升0.7个百分点

科技小院 驻扎农村，与农民、企业和政府融合

“四零”服务



住在小院

零距离 零时差
零门槛 零费用

人才培养



行在地里



下到田里

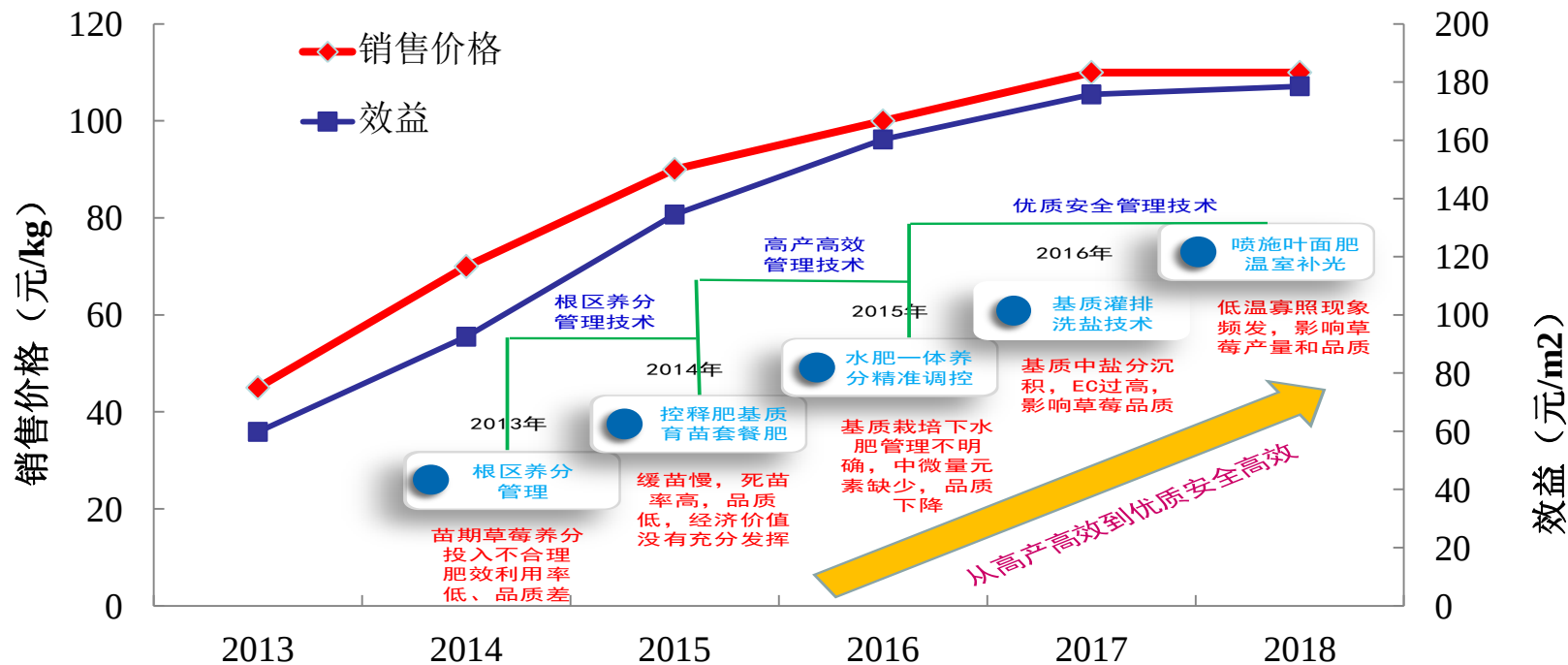


想着农事

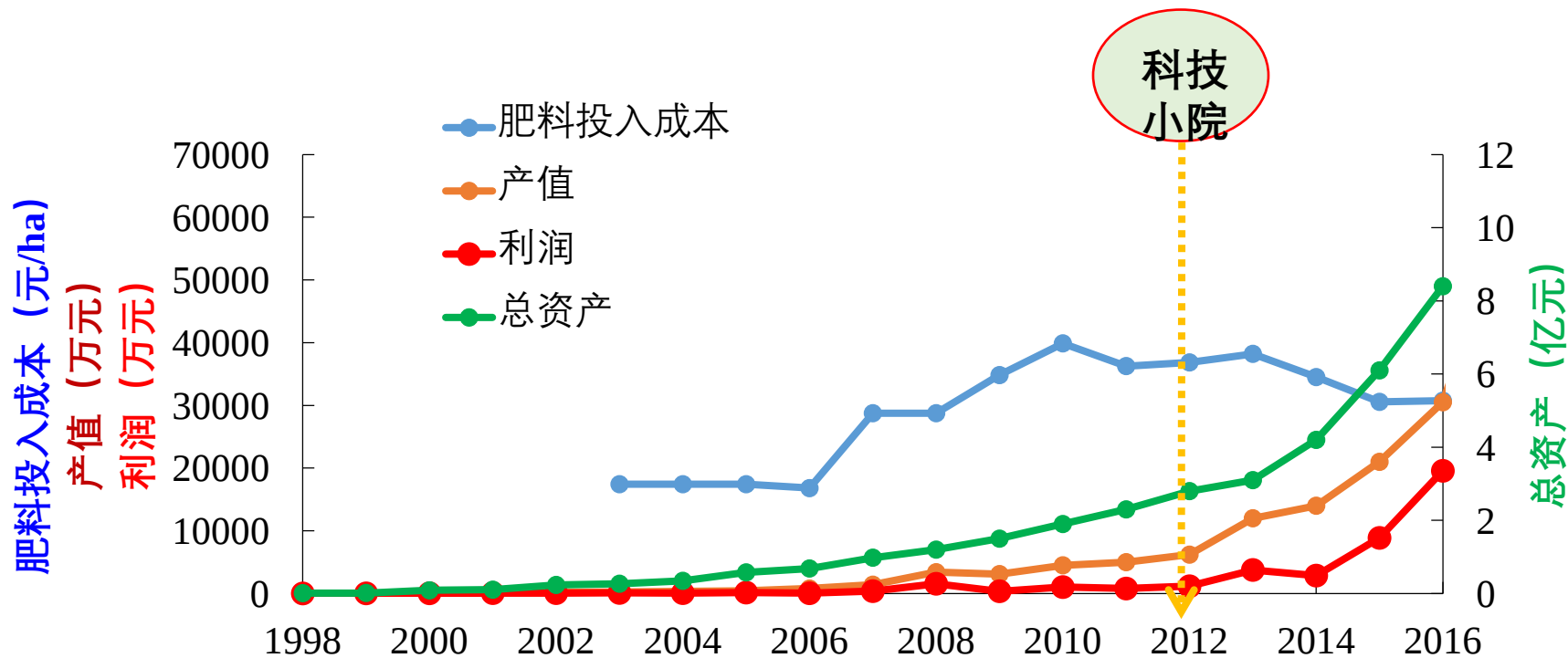
北京都市科技小院-助力近郊草莓产业发展

小院所在地点：昌平区兴寿镇西新城村鑫城缘果品专业合作社

小院建立时间：2013年11月2日



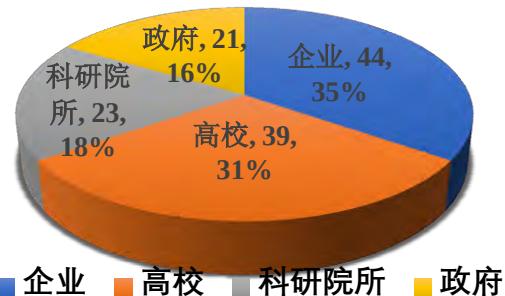
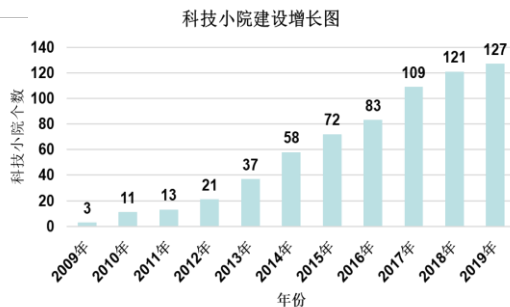
广西金穗科技小院-助力香蕉产业发展



广西金穗集团绿色发展历程

科技小院： 驻扎在农村和生产第一线，与农民、企业和政府“零距离”开展科技创新、技术服务和人才培养新模式。

23个省区、29所高校及科研院所，覆盖45个作物体系的127个科技小院



谢谢! Thank you!

解民生之多艰 育天下之英才