



Integrated Water & Fertilizer Management The Key to Improve Water & Fertilizer Efficiency

水肥一体化——提高水肥用率的关键

高祥照博士

Prof. Dr. Gao Xiangzhao

Beijing China
Sept. 16, 2013



China

- About 1.37 billion population, 13.7亿人口
- About 6.74 million farmer population, 6.7亿农村人口
- About 122 million hectare cultivated land, 18亿亩耕地
- Using 9% of the world cultivated land, 9%耕地
6% of the world water resources, 6%淡水资源
30% of the world Chemical Fertilizer, 30%化肥
- Producing 25% of the world agri-production, 25%农产品
- Feeding 20% of the world population, 20%人口

Fertilizer Overused?

化肥施用过量？

The effect of fertilizer on the crop yield

	number	crop	Average increased rate	Increased yield kg/kg·F
FAO (in 41 countries for 18 year)	410000		60%	
The national fertilizer experiments net (in 1980s)	829	Rice	40.8%	9.3
	1260	Wheat	56.6%	9.6
	629	Maize	46.1%	11.7
	62	Cotton	48.6%	1.2
	64	rapeseed	64.4%	4.9
	115	soybean	17.9%	3.6
The perennial fixed experiments (since 1981)	52	Grain	40.8%	
		Wheat	60.2%	
		Maize	46.0%	
The monitoring of the national fertility (since 1985)	200	crop	57.8%	

化肥的增产作用

资料来源	试验数	作物	平均增产	最高增产	增产 kg/kg·F
FAO 对 41 个国家 18 年的试验	41 万个数据	农作物	60%	67%	
全国化肥试验网（80 年代）	829	水稻	40.8%		9.3
	1260	小麦	56.6%		9.6
	629	玉米	46.1%		11.7
	62	皮棉	48.6%		1.2
	64	油菜	64.4%		4.9
	115	大豆	17.9%		3.6
1981 年开始的十年以上的长期定位试验	52	粮食	40.8%		
		小麦	60.2%		
		玉米	46.0%		
全国土壤肥力监测（1985 年以来）	200	农作物	57.8%		

1996-2011 Chemical Fertilizer Consumption in China

'000t

	Total		K ₂ O	Compounded
1996	38,290.5		2,897.7	7,353.4
1997	39,808.8		3,220.2	7,978.0
1998	40,854.0		3,458.9	8,218.7
1999	41,240.0		3,662.8	8,803.2
2000	41,460.0		3,765.7	9,176.8
2001	42,540.0		3,997.8	9,841.6
2002	43,300.0		4,225.0	10,462.0
2003	44,100.0		4,380.0	11,090.0
2004	46,360.0		4,673.0	12,038.0
2005	47,662.0		4,898.0	13,036.0
2006	49,277.0		5,098.0	13,859.0
2007	51,078.0	22,220.0	7,730.0	5,336.0
2008	52,390.0	23,028.8	7,800.8	5,452.0
2009	54,043.5	23,298.8	7,977.3	5,642.9
2010	55,617	23,537	8,056	5,864
2011	57,042	23,814	8,192	6,051

施肥量
不断增加

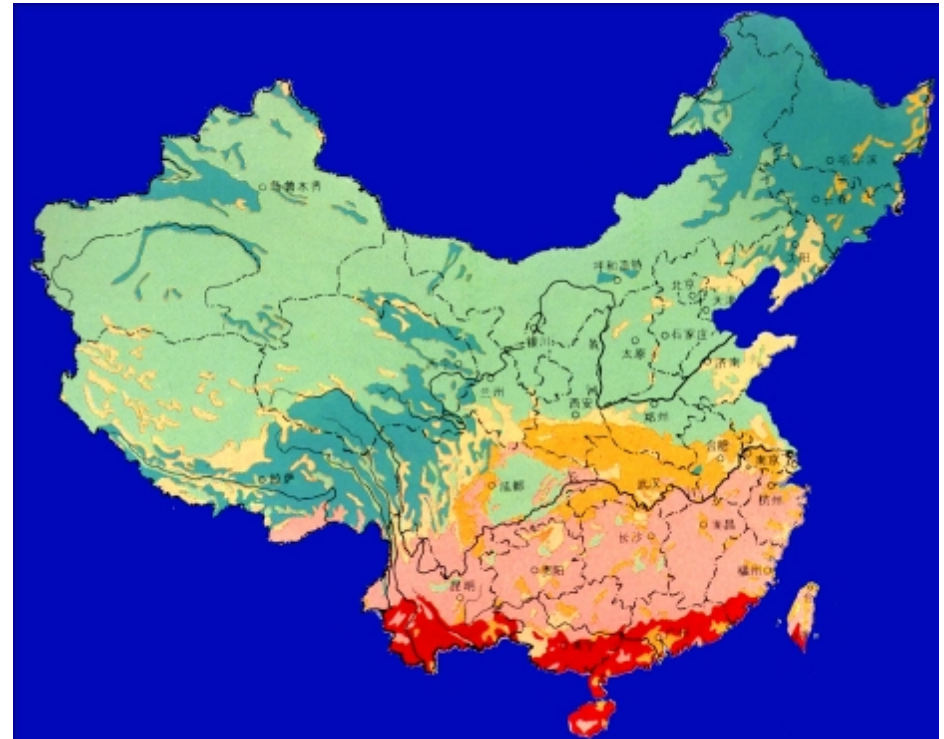
Fertilizer Overused? 化肥施用 过量？

- Unreasonable Fertilizer Variety Structure
肥料品种结构不合理
- Low Fertilization Technology 科学施肥技术水平低
- Low Fertilizer use efficiency 肥料利用率低
- Overuse of chemical fertilizer 化肥施用（过量）？
- Environment polluted 环境污染？
- Quality problems of agricultural products
农产品质量问题严峻

耕地

Arable Land

- ◆ Limited **Resources**:
Per capita arable land less than 0.1 ha
- ◆ Low **Fertility**:
- ◆ Lack **Construction** :
middle-and-low-yielding fields: 70%
- ◆ Little **Facility**: lack of field facilities:60%
- ◆ Less **Equipment**



农田

Farm Land

- ◆ Poor infrastructure conditions
基础设施条件差
- ◆ Water & fertilizer leaching 漏水漏肥
- ◆ 15% of total output losses due to drought 干旱洪涝等灾害每年损失15%产量
- ◆ Poor fertilization equipment
施肥设施装备差
- ◆ Not only agriculture yield, but also fertilizer efficiency affected seriously. 不仅影响产量，也严重影响肥料效益的发挥：



种植 Farming System

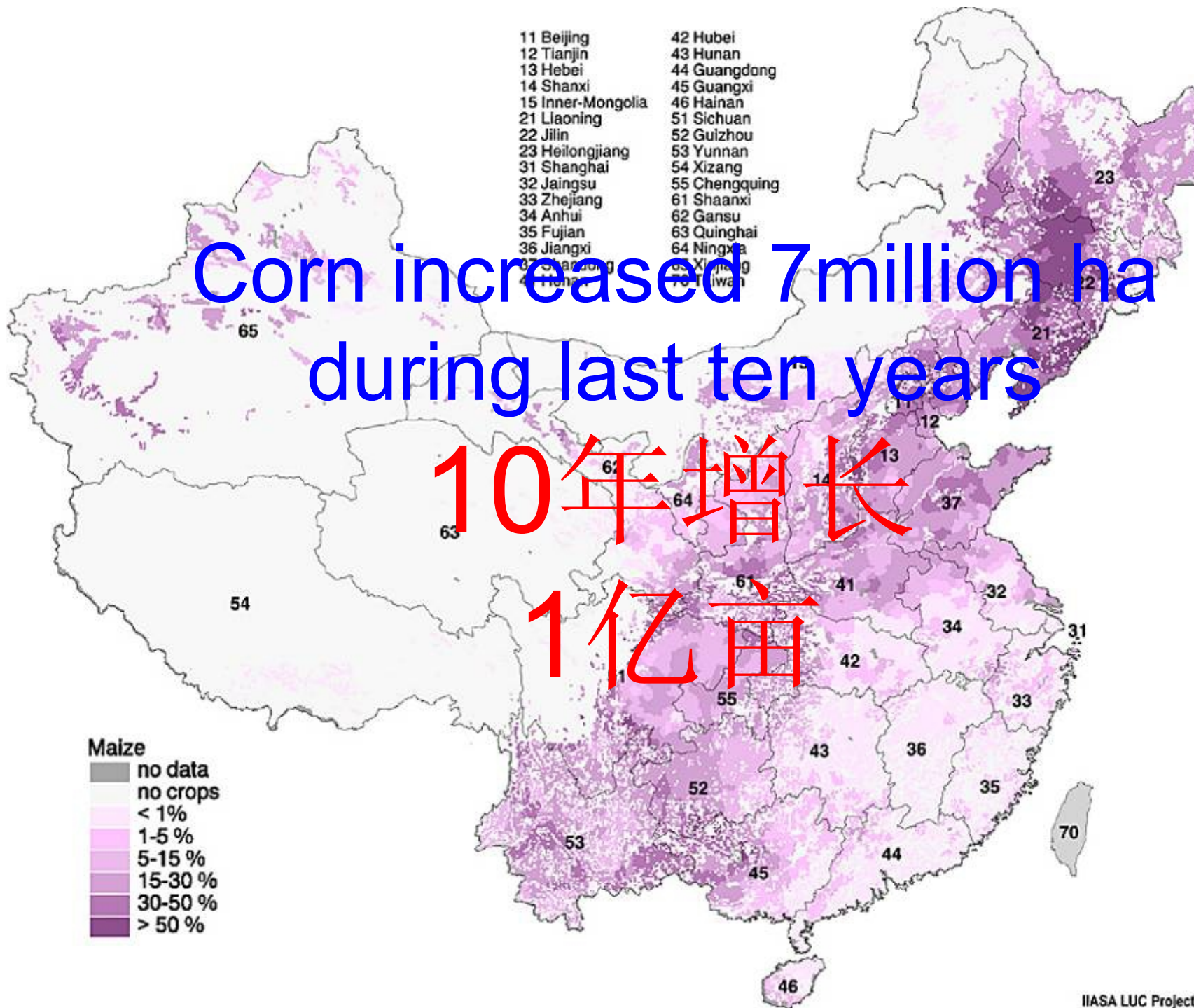
- ◆ High Multiple-Cropping Index: **1.55?**
- ◆ More High Input Cash Crops : 53.89million ha, **33.2%?**
- ◆ Less Legumes: **<5%**
- ◆ 反季节、泛区域、温室大棚等种植越来越多 大棚面积?
- ◆ 复种指数高
- ◆ 豆科作物越来越少



Corn increased 7 million ha during last ten years

10年增长
1亿亩

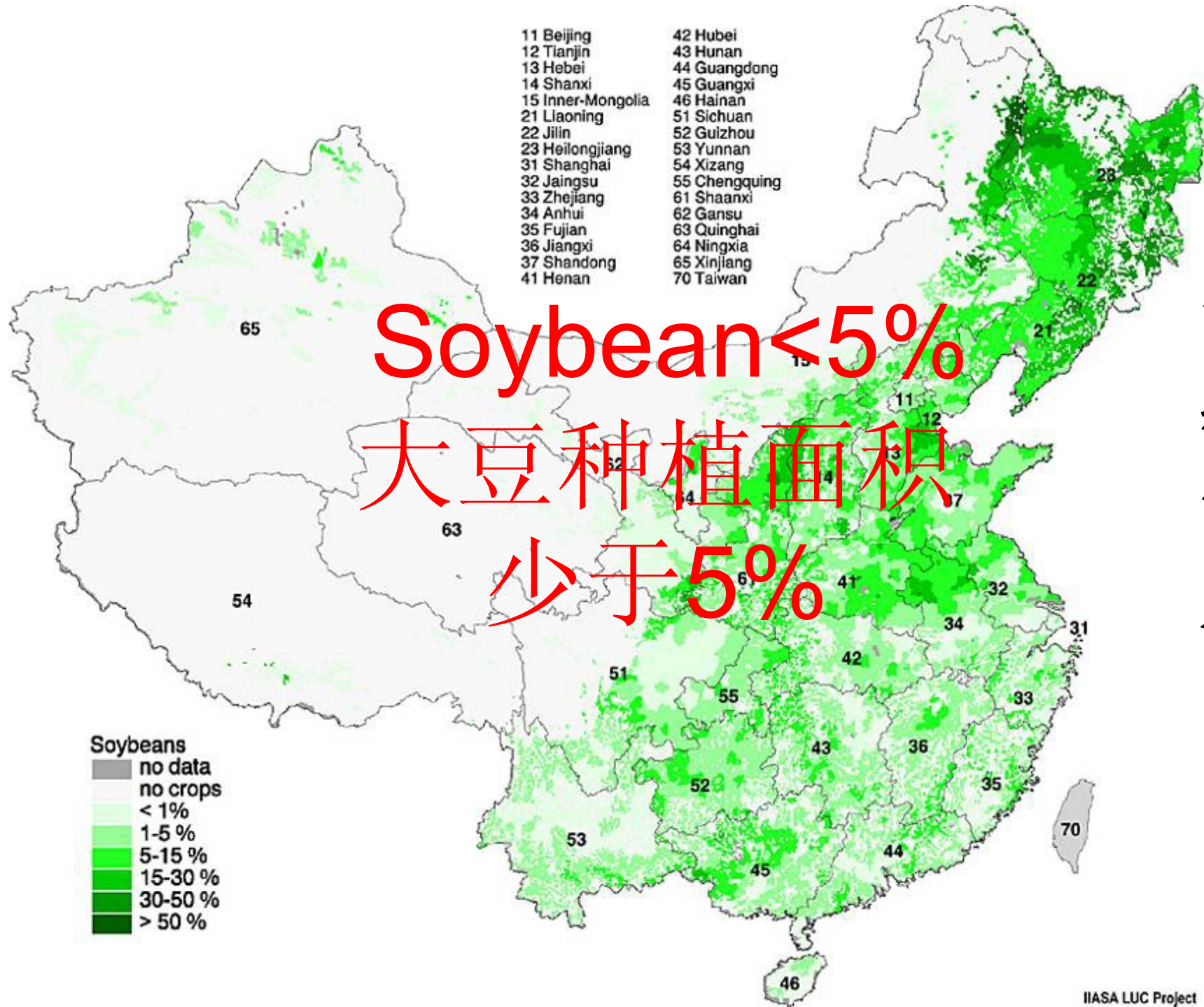
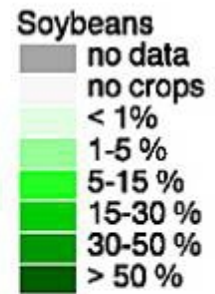
玉米种植分布



- | | |
|-------------------|--------------|
| 11 Beijing | 42 Hubei |
| 12 Tianjin | 43 Hunan |
| 13 Hebei | 44 Guangdong |
| 14 Shanxi | 45 Guangxi |
| 15 Inner-Mongolia | 46 Hainan |
| 21 Liaoning | 51 Sichuan |
| 22 Jilin | 52 Guizhou |
| 23 Heilongjiang | 53 Yunnan |
| 31 Shanghai | 54 Xizang |
| 32 Jiangsu | 55 Chengqing |
| 33 Zhejiang | 61 Shaanxi |
| 34 Anhui | 62 Gansu |
| 35 Fujian | 63 Qinghai |
| 36 Jiangxi | 64 Ningxia |
| 37 Shandong | 65 Xinjiang |
| 41 Henan | 70 Taiwan |

Soybean < 5%
大豆种植面积
少于5%

大豆种植分布



缺水

Water

- ◆ Limited Resources
水资源严重缺乏
- ◆ Main Farm Region
Short of water 农业生产布局与水资源分布匹配不断打破
- ◆ Seldom work on
water & nutrition
management 水分与养分科学配合协调运筹水平低

用9%的耕地，6%的水资源，生产出占世界26%的农产品，养活20%的人口。

China, With 9% of the arable land, 6% of the water resources, produce 26% of the world's agricultural products, feed 20% of the population.

“缺水”比“缺地”
更严峻！

Compare to land, Water is
more shortage!

我国人口占世界20%，水资源总量为2.8万亿m³/a，其中，地表水约2万亿m³/a，地下水约0.8万亿m³/a。水资源总量占世界6%，人均水资源量为世界1/4，居世界第109位。

Suffered Seriously threats form Drought

干旱对我国农业造成重大威胁

冬小麦 winter wheat

冬小麦抗旱



玉米 corn



晚稻 rice

Disaster & Drought

灾害严重

- 中国平均每年旱灾发生面积3-4亿亩，成灾2亿多亩，绝收近5000万亩，因旱损失粮食500亿斤以上。相当于损失10%的肥料。
- More than 20 million ha Drought disaster annually,
 - loss more than 25 billion kg of grain,
 - and **loss** more than **10% of the fertilizer**.



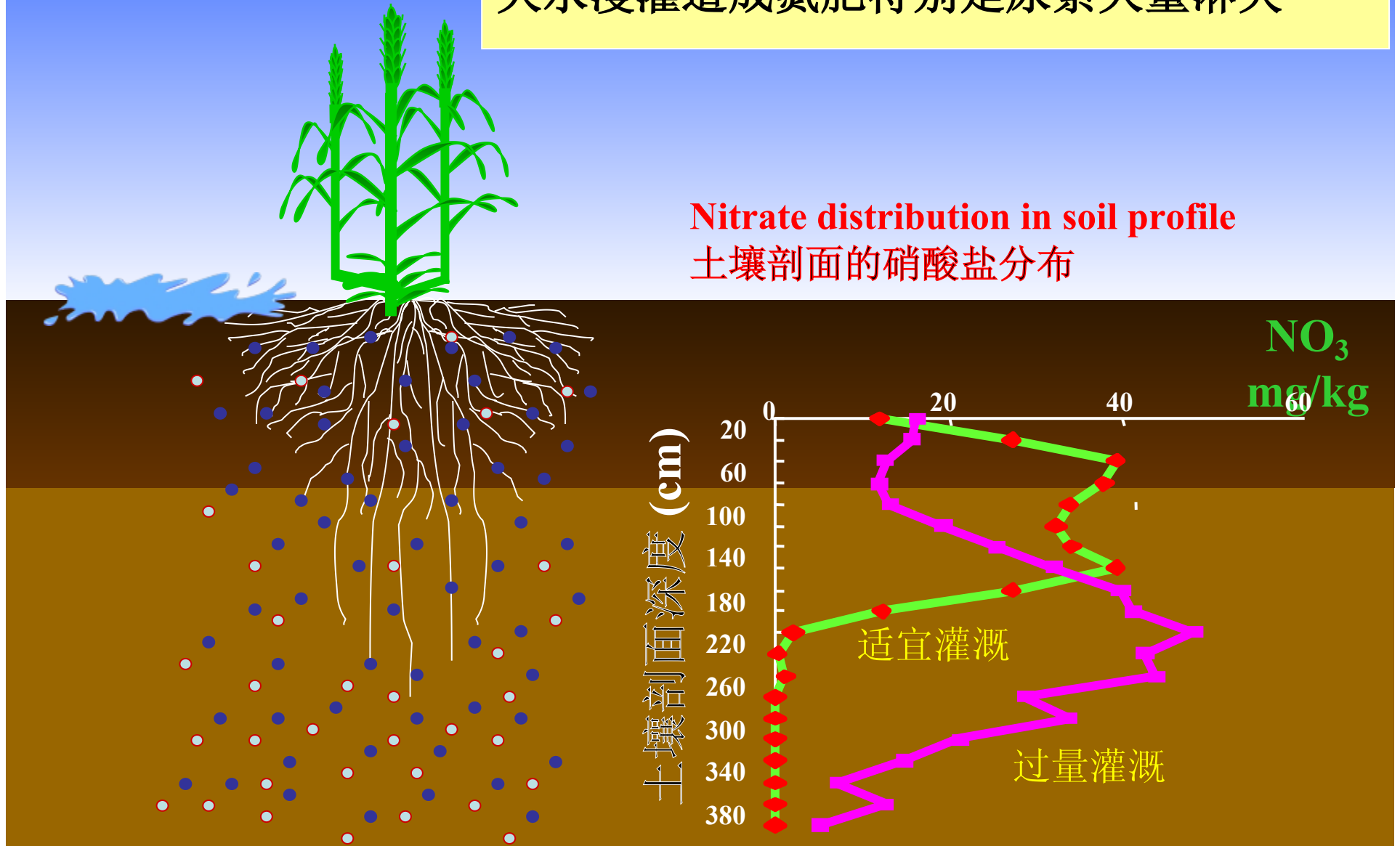
◆ Poor tech for irrigation

cause fertilizer leaching



Flood irrigation cause fertilizer leaching 大水漫灌造成氮肥特别是尿素大量淋失

Nitrate distribution in soil profile
土壤剖面的硝酸盐分布

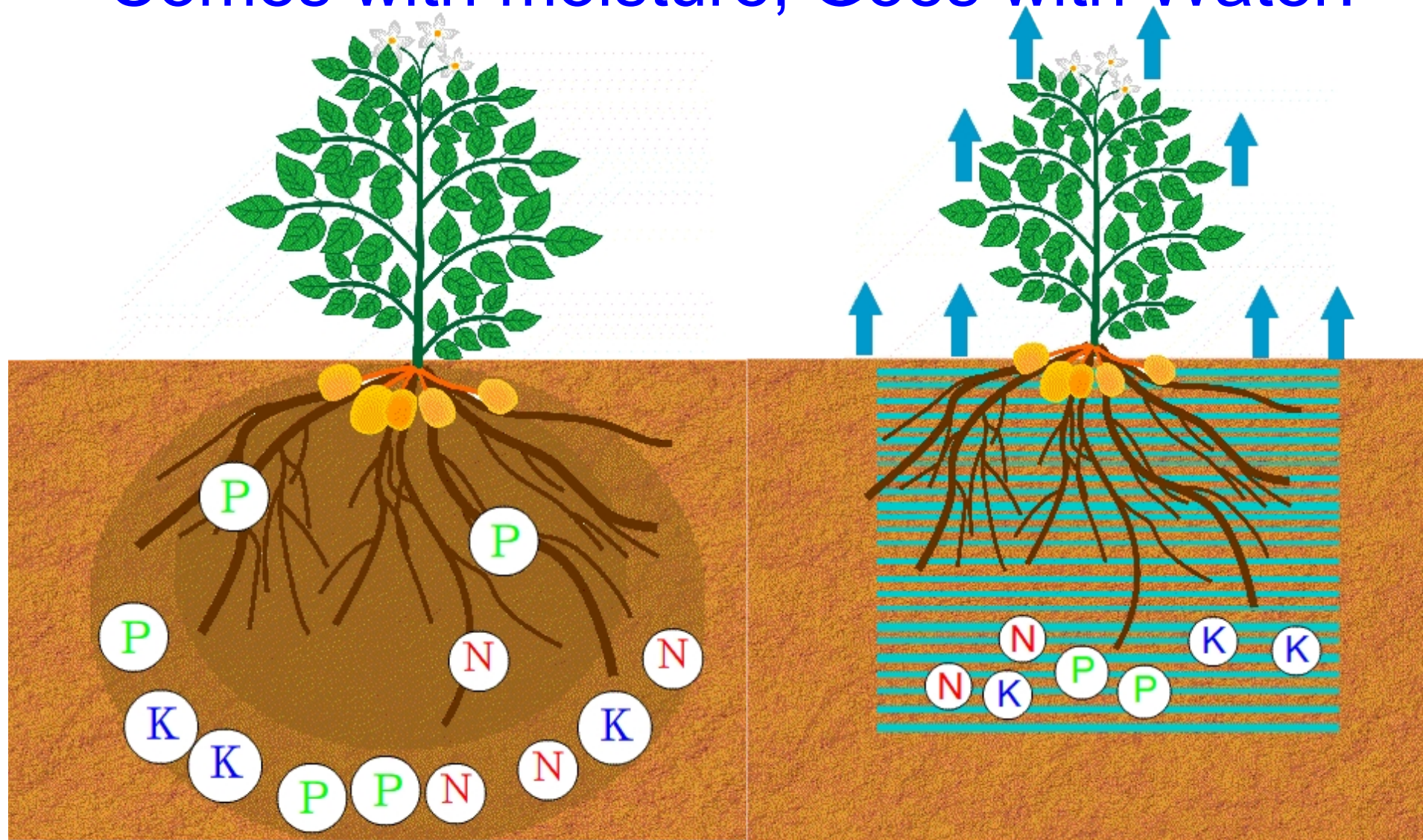


By Prof Zhang Fusuo

Integrated Water & Fertilizer Management

水肥综合管理

Comes with moisture, Goes with Water!



肥随水来，肥随水去！

Fermenting tank in orchard,
south China 果园的沤肥池



拖管淋水肥

Fertilization by
handheld pipe
南方山地和平地果园
普遍应用的拖管淋水
肥模式





**Pipe fertilization, Winter
potato, south China**

**华南冬种马铃薯的田间追肥
场面**



云南山地蕉园

Banana
plantation in
Yunnan mountain



Fertilization by
handheld pipe

云南山地蕉园拖管淋
水肥



这是目前华南地区菜地最普及的淋肥模式



Flush fertilizer in greenhouse, north China.



北方大棚蔬菜较普及的施肥模式



Fertigation

水肥一体化

精灌区 precision irrigation area



在精灌区，推广水肥一体化，实现水、肥资源的科学精确利用，

Extend fertigation to realize accurate use of water and fertilizer resources



Compare on fertilizer effect between fertigation and traditional methods

crops	Irrigation And fertilization	Fertilizer used (kg/667m ²)				Target Yield (kg/667m ²)	Yield (kg/667m ²)	Fertilizer Efficiency (%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	In total			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
tomato spring	Fertigation	30.0	21.0	39.0	90.0	7000	7512.0	59.8	21.4	69.4
	Canal, Flush fertilization	30.0	21.0	39.0	90.0	—	5446.8	37.9	13.6	44.0
	Canal, Flush fertilization	45.0	45.0	45.0	135.0	—	6390.7	32.1	8.0	48.2
tomato spring	Fertigation	30.8	15.4	30.8	77.0	6500	6254.2	42.1	20.5	63.2
	Drip, flush fertilization	42.0	21.0	42.0	105.0	—	6608.5	33.6	16.3	50.38
	Canal, Flush fertilization	42.0	21.0	42.0	105.0	—	5553.1	25.6	12.4	38.3
cucumber winter	Fertigation	34.5	27.5	45.0	107.0	12000	13283	51.2	45.9	67.4
	Canal, Flush fertilization	60.5	60.5	7.9	137.9	—	10210	20.3	14.5	—

With fertigation the fertilizer Efficiency

improved by 50%, can save more than 30% fertilizers

Source: NATESC, national project on fertigation demonstration

Fertigation in Inner Mongolia

- Annually plantation: more than 10 millions mu
- Form 1990 fertigation through sprinkler, now 250 thousands mu
- From 2006 fertigation through drip irrigation, now 460 thousands mu



Fertigation demonstration

水肥一体化示范



Watermelon, Gansu



Potato, Inner Mongolia



Gansu maize



Sugar cane

Fertigation



wheat
小麦



Beet
甜菜



Cow pea
豇豆



peanut
花生



grape
葡萄



corn
玉米



soybean
大豆



pepper
辣椒



potato
马铃薯

作物已由棉花发展到玉米、加工番茄、色素辣椒、打瓜、甜菜、西甜瓜、蔬菜等多种作物上。

现代农业发展

没有管道化就没有自动化

No pipe, no automation

没有自动化就没有现代化

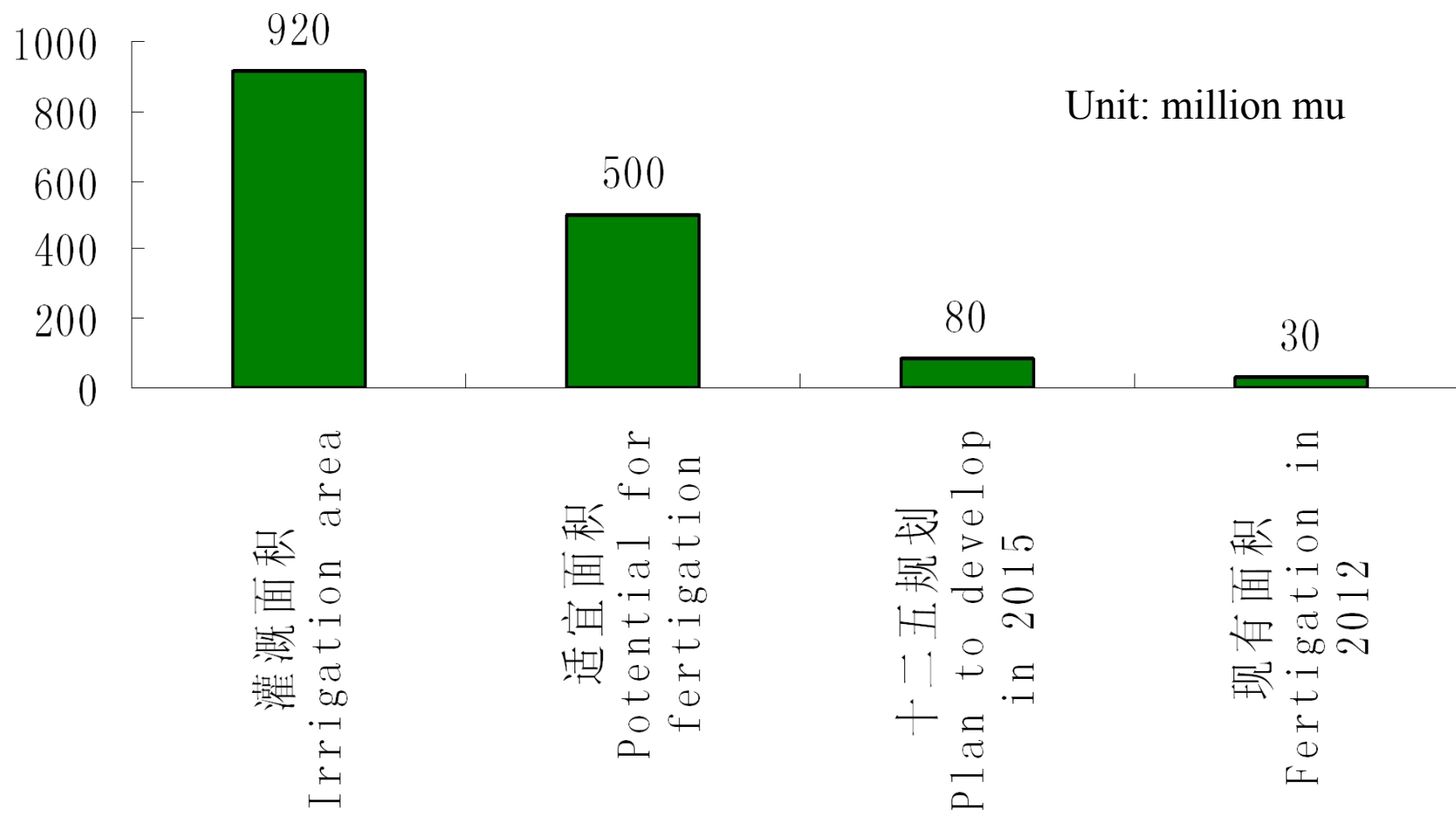
no automation, no modern agriculture

省工、省力，省时、省事
省肥、省钱，增产、增收

大力发展机械化、自动化施肥，
现代化离不开自动化，施肥自动
化离不开管道化、水肥一体化。

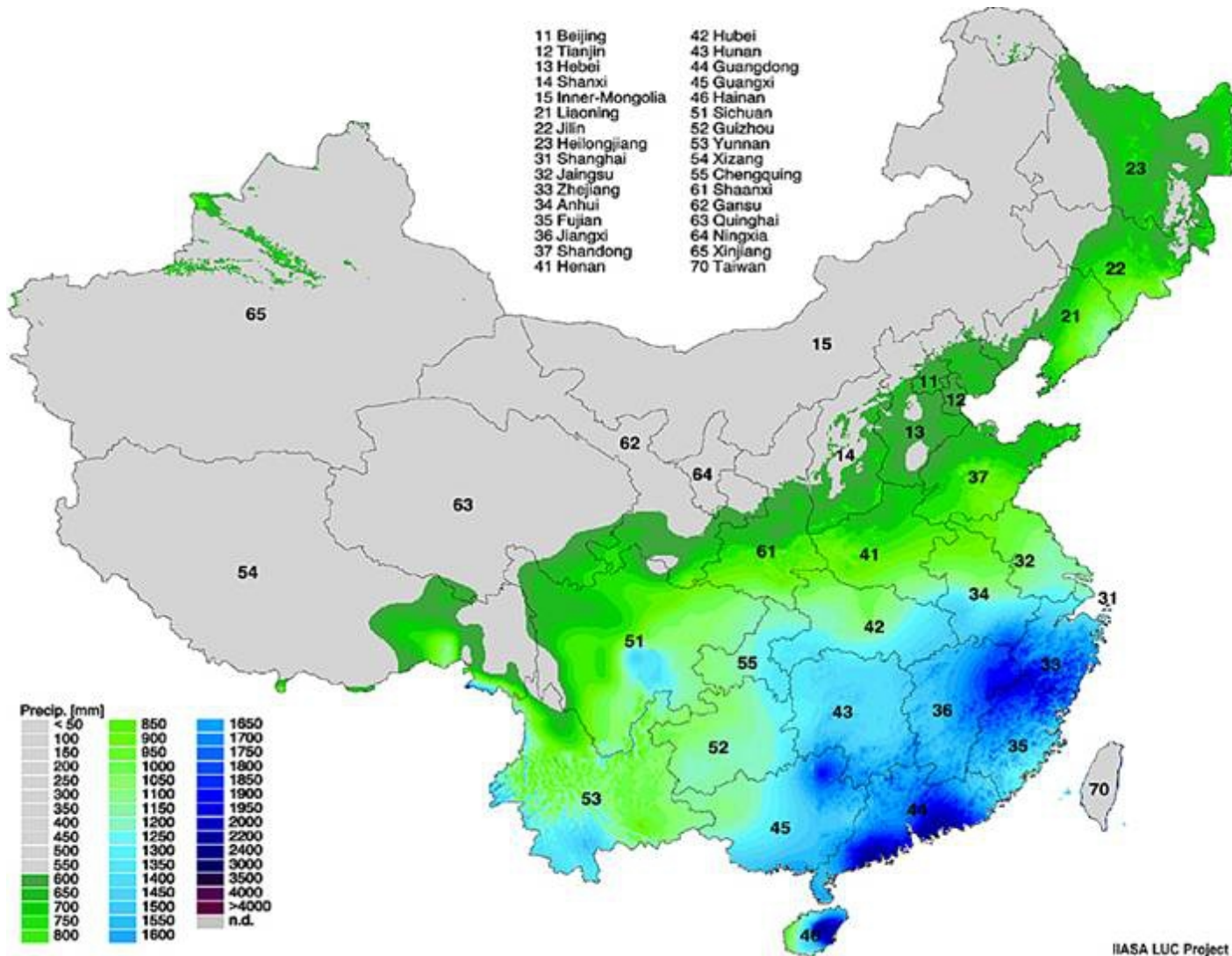


水肥一体化发展潜力 Development Potential for Fertigation




中国降雨量分布

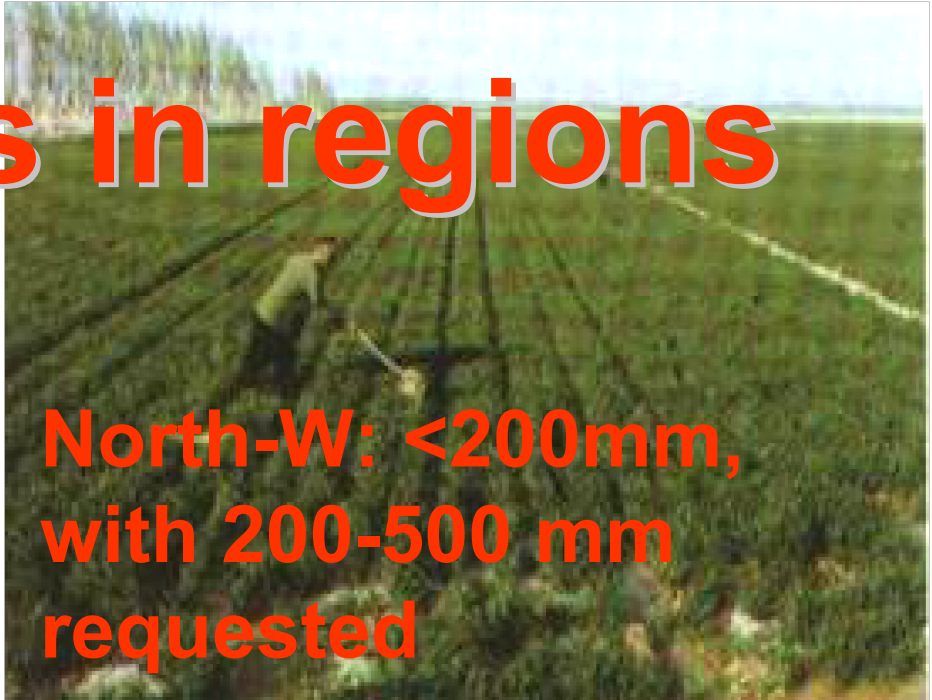
Precipitation distribution, China



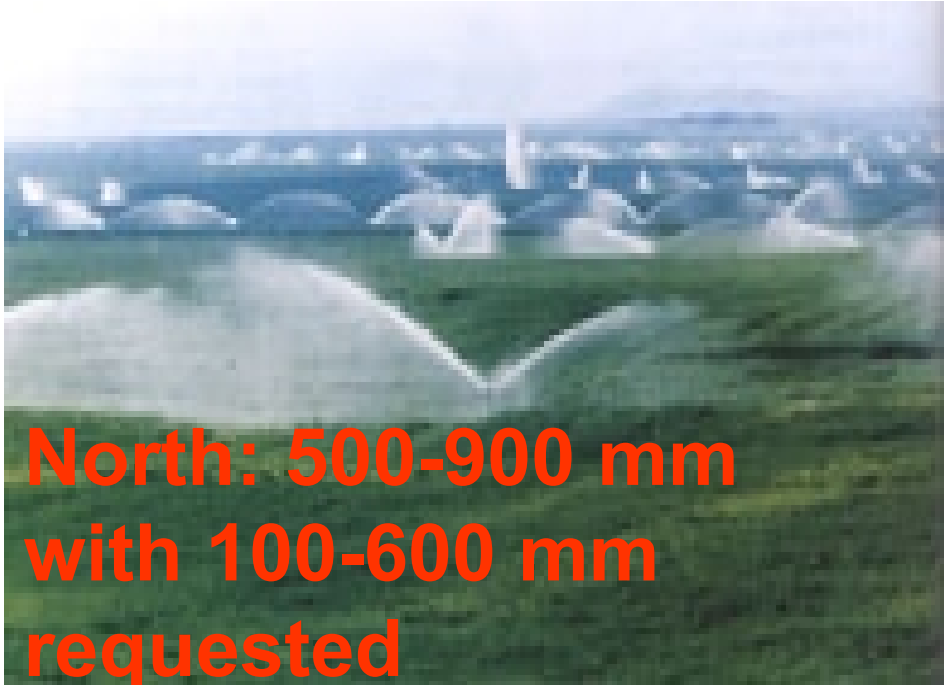
◆ Situations in regions




North-E:
300-900 mm, very dry
in Spring



North-W: <200mm,
with 200-500 mm
requested



North: 500-900 mm
with 100-600 mm
requested



South: 800-1000
mm, dry in Spring
& Fall

旱作区 Dry Land Farm area

Straw or plastic film mulching

土壤管理+覆盖+抗旱剂保水剂+长效肥、有机肥

土壤管理、膜（秸秆）覆盖：集雨保墒 抗旱剂、保水剂、抗逆制剂：
促进生根、减少蒸腾蒸发，增强抗旱抗逆能力

长效肥、缓控释肥、有机肥料：解决全膜覆盖条件下，后期追肥困难
导致的脱肥问题，解决产量大幅度提高导致的地力快速消耗问题

水窖、水柜：集雨补灌，开发水源，发展精灌（移动灌溉？）





机械覆膜

Make film mulching



甘蓝全地膜覆盖

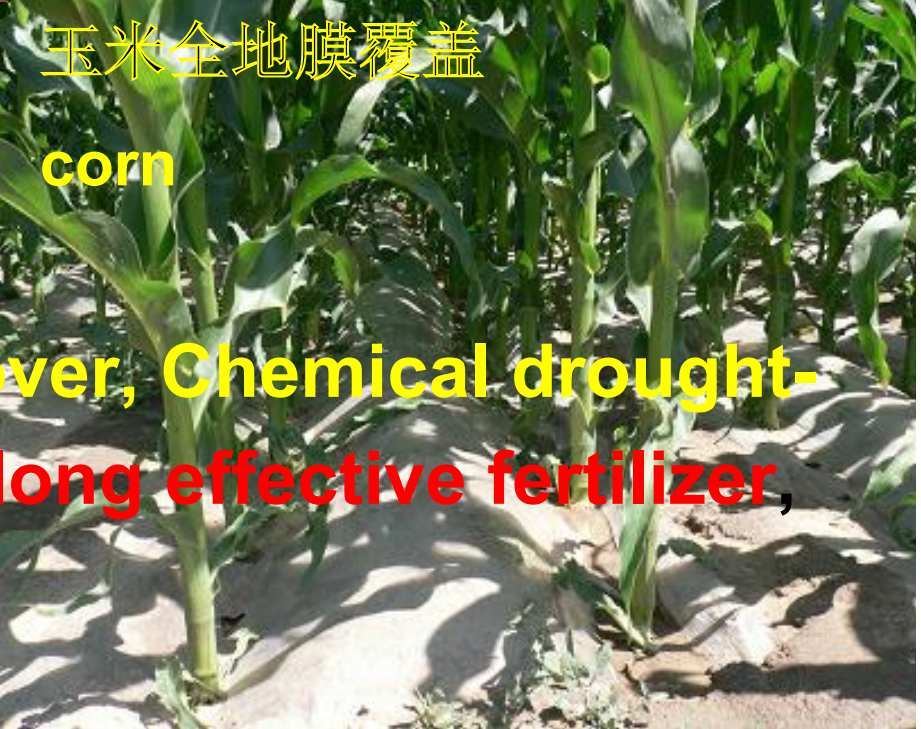
Cabbage



马铃薯全地膜覆盖

potato

Soil management, land cover, Chemical drought-resistant, **slow lease and long effective fertilizer**, manure fertilizer



玉米全地膜覆盖

corn

大田灌溉区 Surface Irrigation area

测墒灌溉+优化灌溉施肥制度+低压管道灌溉

Soil moisture monitor, irrigation and fertilization schedule, low pressure pipe irrigation

●华北冬小麦：根据土壤墒情和降雨情况优化灌溉制度，正常年份后期只灌溉1-2次能保证亩产500kg以上，水分生产效率达到1.875kg/m³。

年型 (mm)	灌溉次数	每次灌溉量 (mm)	总灌溉量 (mm)	灌溉时期
多雨年 >130mm	1	60-70	60-70	拔节前后
正常年 90-130mm	2	60-70	120-140	拔节前后，抽穗-扬花
干旱年 <80mm	3	60-70	180-210	起身，孕穗-抽穗，灌浆前





冬小麦测墒灌溉

Irrigation based on soil moisture monitor



On tradition, winter wheat: irrigation 4-5 times, 300-400m³ per mu

传统冬小麦: 施肥-翻耕-播种-蒙头水-冬水 (冬肥) -返青水 (返青肥) -
拔节水 (拔节肥) -孕穗水 (穗肥)

——共浇水+施肥3-6次, 平均4-5次, 每次灌水80方以上, 总灌水量达到300-400方/亩。

Irrigation based on soil moisture monitor: irrigation 1-3 times, 150-200m³ per mu, save N-fertilizer 30%-50%

节水冬小麦: 造墒水-施肥-翻耕-播种-拔节水 (拔节肥) -孕穗水 (穗肥)
——共浇水+施肥1-3次, 灌溉次数减少为2-3次 (含底墒水), 用水量也会减少到150-200方/亩, 省氮 30%-50%

**Irrigation based on soil moisture monitoring &
Fertilization after irrigation:**

Can save 50% water, and 30%-50% N-fertilizer

水田区

Paddy Field area

- 推广少浇湿润灌溉等技术，减少农田灌溉水径流损失，从而肥料随水流失少，不但提高了肥料利用率，还减轻施肥对环境尤其是水系的污染。
- 另一方面，少浇湿润灌溉减少了传统的水田干湿交替过程，从而减轻氮肥的硝化和反硝化过程，减少农田氮养化物等温室气体的排放，为缓解温室效应，应对全球气候变暖做出贡献。

——可省水50%，节氮1/3

**Fertilization with Water management
(moistening irrigation),**

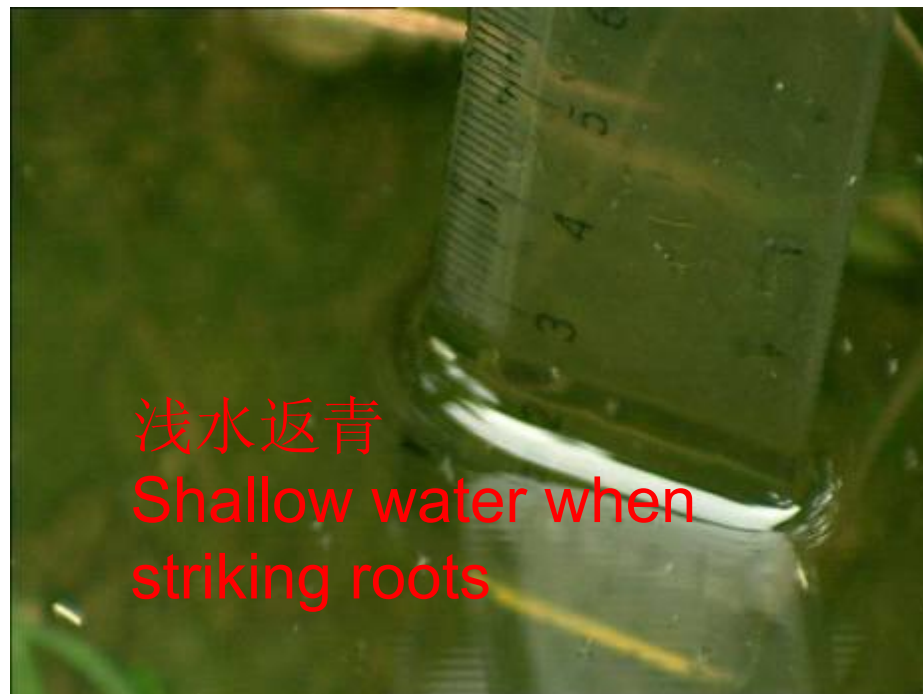
Can saving water 50%, nitrogen fertilizer 30%







薄水插秧
Thin water when rice
transplanting



浅水返青
Shallow water when
striking roots



分蘖前期湿润
Keep moisture
when tillering



乳熟期湿润
Keep wet
When milk-ripe stage

Extension

Extension Network

National
Province
municipality
County
Township
Village

300'000 Staff Total, village technician not included

30'000 Focus on **Soil fertilizer & Water** management

Tech training

- **Training:** in classes or open-fields: **more than 2 millions farmers annually**
- **Organization:** top down
- **Material:** transparent papers, tech booklets & VCD



Field school

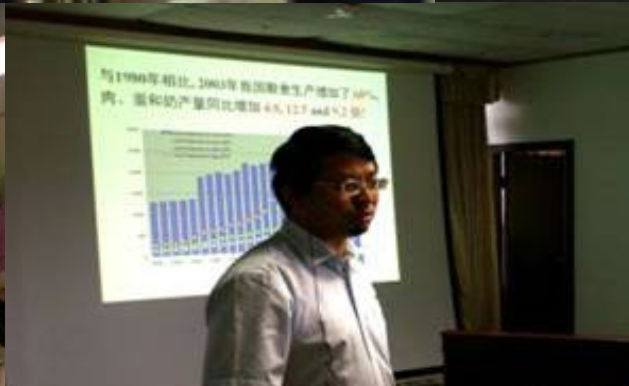
NATESC Training: over 2000 participants on Fertigation training course annually



Farmer's day



In Door Training





Tech Advocacy

- Government meeting
- Tech meeting
- Various media, news paper, broadcast, TV et al.



Field day, Farmer fair, Demonstration



Brief report



工作简报

第45期(总第639期)

全国农业技术推广服务中心

2009年8月3日

示范四大模式 促进增产增收

——内蒙古自治区达茂旗旱作节水成效显著

发展旱作节水农业是农业部门的重要职责。自1996年以来,农业部立项组织开展旱作节水农业示范,建设了一批示范基地,同时集成、示范、推广了水肥一体化、滴灌(膜下滴灌)、旱作保墒、土壤水库管建、测墒节灌、集雨补灌、抗旱坐水种、经济植物篱等技术模式,取得了很好的成效。内蒙古自治区达茂旗是典型的干旱区,在项目带动下,集成示范四大模式,取得了显著成效,为此,7月20-21日,农业部在达茂旗召开了全国农田节水现场观摩暨经验交流会,考察了示范现场,他们的做法和经验受到与会代表的一致好评。

达茂旗地处内蒙古自治区中西部的蒙古高原,是一个多民族聚居的边境少数民族地区,总耕地面积80万亩,属中温带半干旱



工作简报

第54期(总第647期)

全国农业技术推广服务中心

2009年9月10日

大旱之年 旱作节水农业技术显成效

7月下旬以来,辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、山西五省(区)降水量比常年同期明显偏少,部分地区基本无有效降水,持续高温天气造成土壤失墒加快,加上农作物生长发育需水量逐步增加,这些地区农业旱情迅速发展。8月以来,南方的湖南、湖北、广东、广西和贵州等省部分地区又持续高温少雨,出现旱情。国家防汛抗旱总指挥部办公室统计显示,截至9月1日,全国农作物受旱面积1.2亿亩,比高峰时期减少7100万亩,但略高于多年同期均值,其中干枯3764万亩,有701万人、379万头大牲畜因旱发生饮水困难。针对各地发生的严重旱情,各级农业技术

China Farmer's Daily: fertigation speed up in Inner Mongolia

大旱之年夺丰收 旱作节水显实效

今年，我国粮食生产克服重重困难，夺取了抗灾夺丰收的优异成绩。在旱作农业区，旱作节水技术发挥了重要作用，为夺取丰收提供了有力支撑。农业部种植业管理司司长表示，旱作节水技术是旱作农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

大旱之年看节水

在旱作农业区，节水是农业发展的关键。随着农业现代化的推进，节水技术不断创新，为农业增产增收提供了有力保障。农业部种植业管理司司长表示，节水技术是旱作农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

内蒙古 节水设施农业方兴未艾

内蒙古节水设施农业方兴未艾。随着农业现代化的推进，节水设施农业在内蒙古得到了快速发展。农业部种植业管理司司长表示，节水设施农业是旱作农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

水肥一体化技术让广西农民轻松种柑桔



河南 多措并举推进旱作节水农业发展

河南省多措并举推进旱作节水农业发展。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，河南省旱作节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，旱作节水农业是河南省农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

四川 创新模式推进节水农业发展

四川省创新模式推进节水农业发展。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，四川省节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，节水农业是四川省农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

安徽 土壤墒情监测有效指导农业生产

安徽省土壤墒情监测有效指导农业生产。通过推广土壤墒情监测技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，安徽省农业生产取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，土壤墒情监测是安徽省农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

吉林 大力推广旱作节水农业技术

吉林省大力推广旱作节水农业技术。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，吉林省旱作节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，旱作节水农业是吉林省农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

北京 雨养玉米旱作节水技术显成效

北京市雨养玉米旱作节水技术显成效。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，北京市雨养玉米旱作节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，雨养玉米旱作节水农业是北京市农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

China Farmer's Daily: fertigation make farmers feel easy and happy to plant orange

Newspaper Journal

各地资讯

辽中示范旱作节水技术模式效果好

辽宁省辽中县示范旱作节水技术模式效果良好。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，辽中县旱作节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，旱作节水农业是辽中县农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

露露 全膜双垄沟播技术战胜“卡脖子”旱

全膜双垄沟播技术有效应对了旱灾。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，全膜双垄沟播技术取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，全膜双垄沟播技术是旱作农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

豫城 节水抗旱技术使大灾之年不减产

河南省豫城市节水抗旱技术使大灾之年不减产。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，豫城市旱作节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，节水抗旱技术是豫城市农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

鄂东 农田节水技术关天夺丰收

湖北省鄂东地区农田节水技术关天夺丰收。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，鄂东地区旱作节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，农田节水技术是鄂东地区农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

区两年玉米产量减少3.4亿斤

某地区两年玉米产量减少3.4亿斤。通过推广节水技术、加强水利设施建设、提高农民节水意识等多种措施，该地区旱作节水农业取得了显著成效。农业部种植业管理司司长表示，节水技术是该地区农业发展的关键，也是实现农业可持续发展的必由之路。

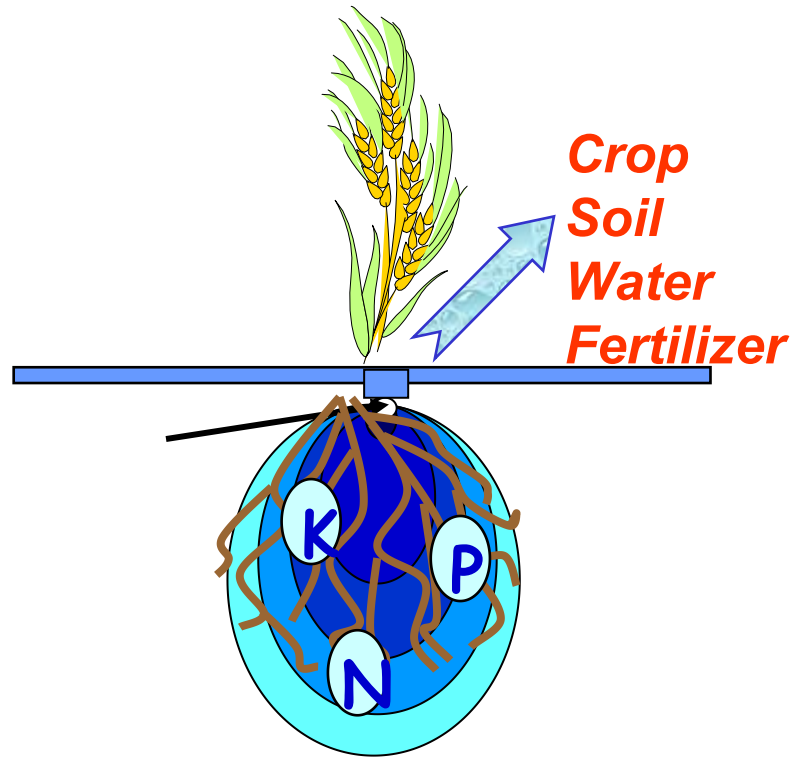


What to do next?

- **Network demonstration at different levels**
- **Tech training with top-down**
- **More big projects**
- **Stronger financial support**
- **Technology standardization**

Integrated Management

to Improve Water & Fertilizer Efficiency





推进传统农业

To change traditional agriculture

to 向

Modern agriculture!

现代农业快速转变!

GREAT SHIFT

未来肥料的发展

The future of fertilizer in China

- Slow release and long effective fertilizer for dry land farm, 1 billion mu, 旱作区, 10亿亩, 大力发展长效肥
- Water-soluble fertilizer for precision irrigation, 100 million mu. 精灌区, 1亿亩, 大力发展水溶肥
- Modified compound fertilizer for surface irrigation, 400 million mu. 水浇地, 4亿亩, 发展新型复混肥
- Modified compound fertilizer for Paddy Soil, , 400 million mu. 水田区, 4亿亩, 改进现行复混肥
- Soil restore (acid, saline, alkaline, and poison), improve fertility, disease prevention 改土 (酸碱盐毒)、培肥、防病肥
- Drought, cold, freeze, hot wind...stress resisting **calls new fertilizer** 干旱、冷冻、干热风...抗逆救灾肥

The future of fertilizer in China

- Slow release for nonirrigated farmland 1 billion mu
- Instant Dissolve **for** Fertigation 100 million mu
- New Compound for irrigation 400 million mu
- New Compound for Paddy Rice 400 million mu
- New Fertilizer for Anti disaster relief,
Drought, cold, dry and hot wind...
- New Fertilizer for Soil improvement,
Acid-base salt poisoning)

China fertilizer, including research, manufacture, use and management, will go to a whole new world!

**中国肥料研发、生产、使用、管理
进入全新发展阶段！**



节水农业，利国利民



我们愿竭诚为您服务！

Serve you with whole heart!



Prof. Dr. Xiangzhao Gao

Director of Water Saving Agriculture Division

National Agro-Technical Center

Ministry of Agriculture, China

Beijing, 100125

Phone: 86-10-59194533

Fax: 86-10-59194532

Mobile: 86-13901172709

Email: XZGao@Agri.Gov.CN



Thank You !



高祥照

农业部全国农技中心

邮编：100125

电话：86-10-59194533

传真：86-10-59194532

手机：13901172709

邮件：**460466599@QQ.COM**

中国节水农业信息网：www.natesc.gov.cn/jsw



