



# 化肥有机替代的原理与技术

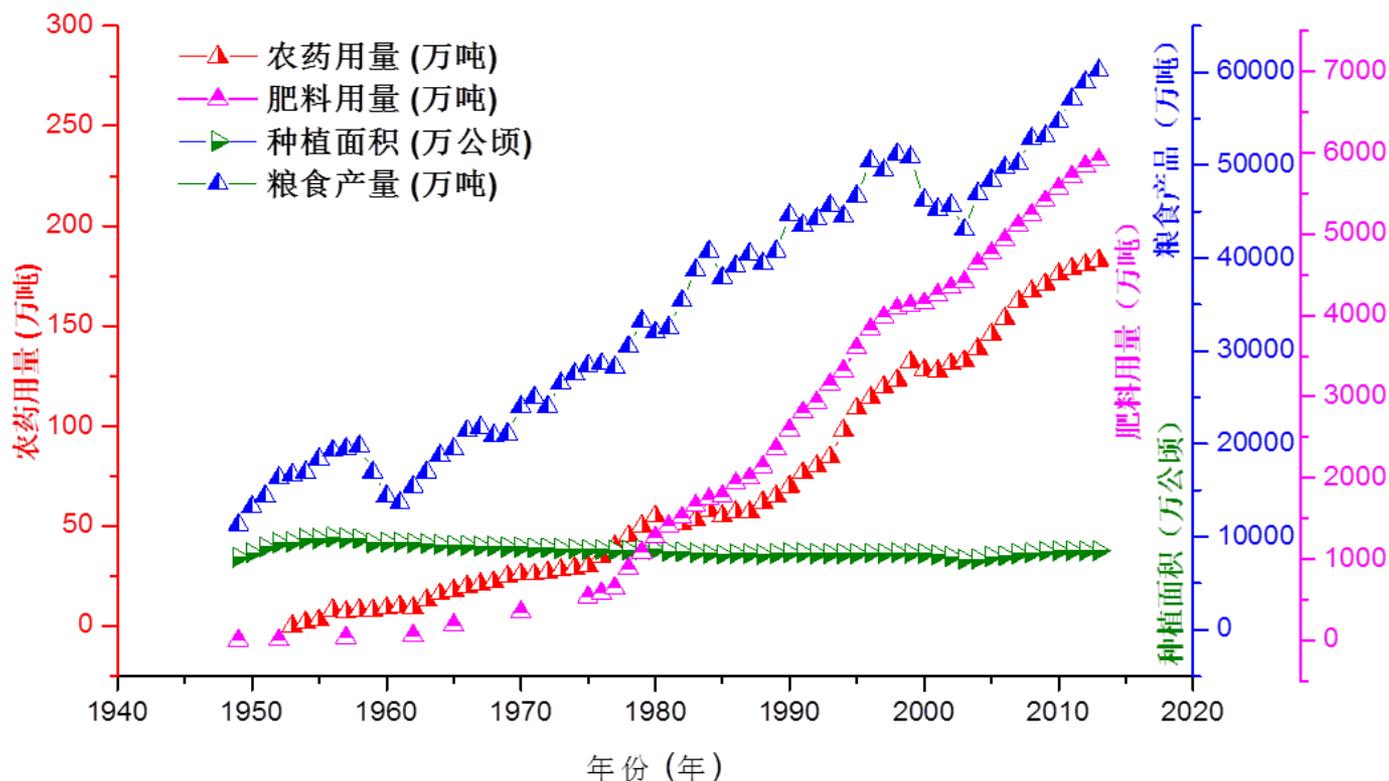
徐明岗

(中国热科院南亚热带作物所  
中国农科院农业资源区划所)

# 化肥减施增效（零增长）的提出

## 1. 化肥是国家粮食安全的重要保障

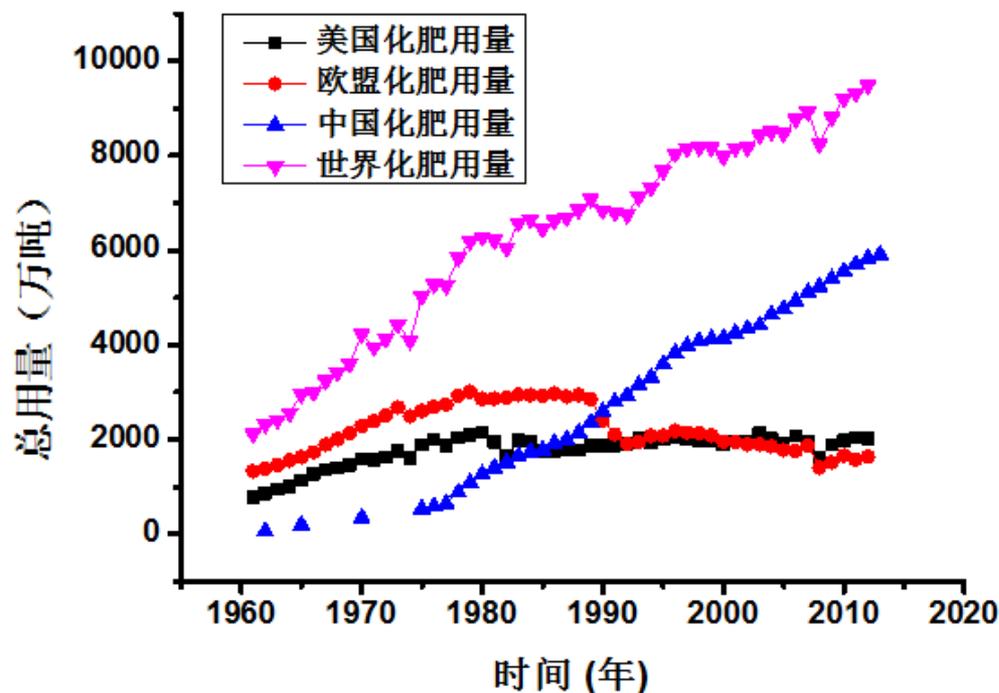
- 肥料对世界作物增产贡献率50% (Norman E. Borlaug)



# 化肥减施增效（零增长）的提出

## 2. 我国化肥过量施用严重

- 我国常年化肥用量达到6000万吨，占世界化肥消费总量的35%
- 单位耕地面积化肥用量是世界平均水平的3倍，是欧美国家的2倍



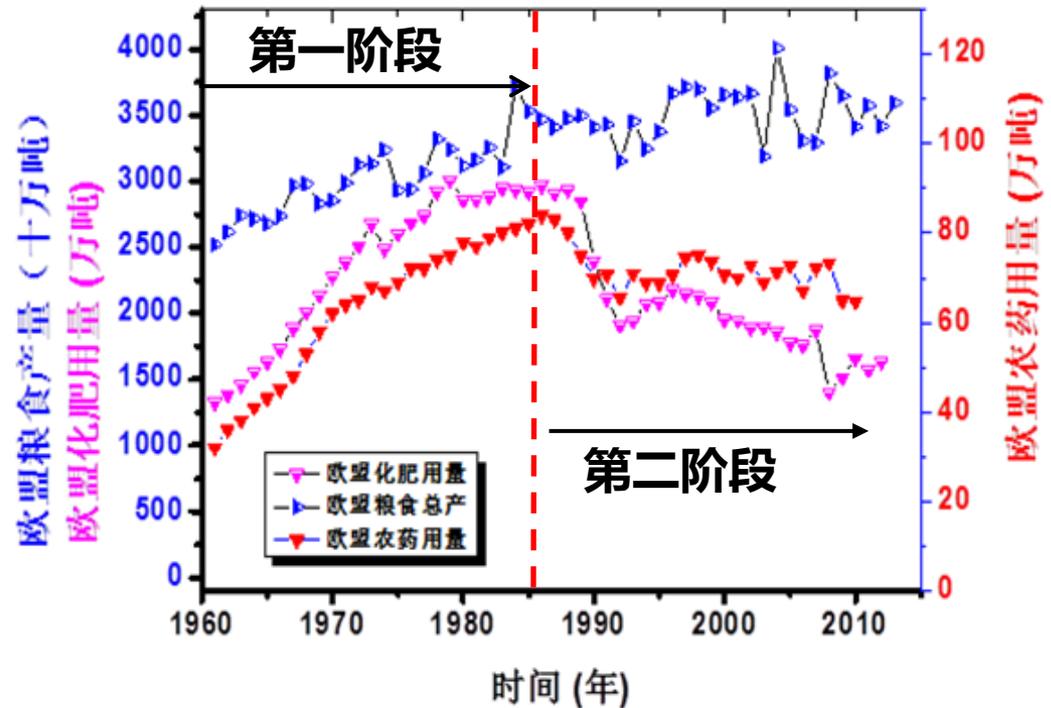
中国化肥用量与美国和欧盟比较

# 化肥减施增效（零增长）的提出

## 3. 欧美发达国家化肥应用由快速增长到下降

### (1) 欧盟

- 建立限量标准
- 有机替代，绿色防控
- 自动化程度高
- 法规健全，征收使用税

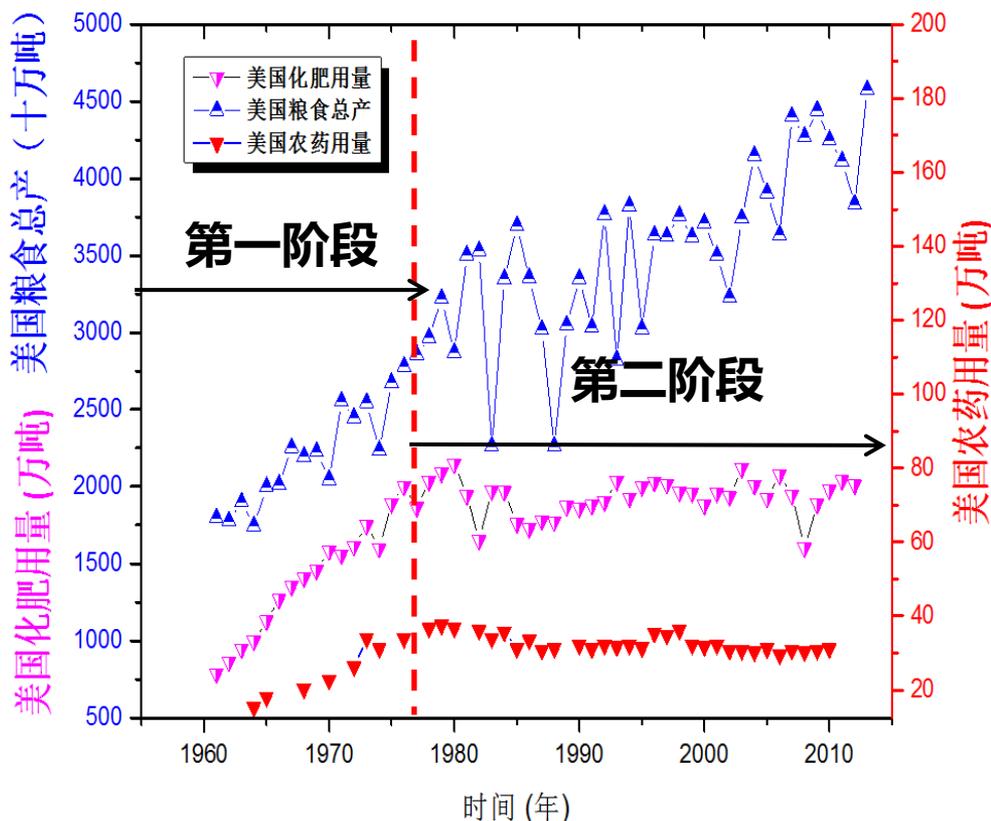


欧盟化肥农药使用量与粮食产量关系  
(1961-2012, FAO)

# 化肥减施增效（零增长）的提出

## (2) 美国

- 结构合理，高效低风险产品比重大
- 技术装备精准智能化
- 秸秆还田、绿色防控等替代技术
- 法规健全，实行最佳管理补贴

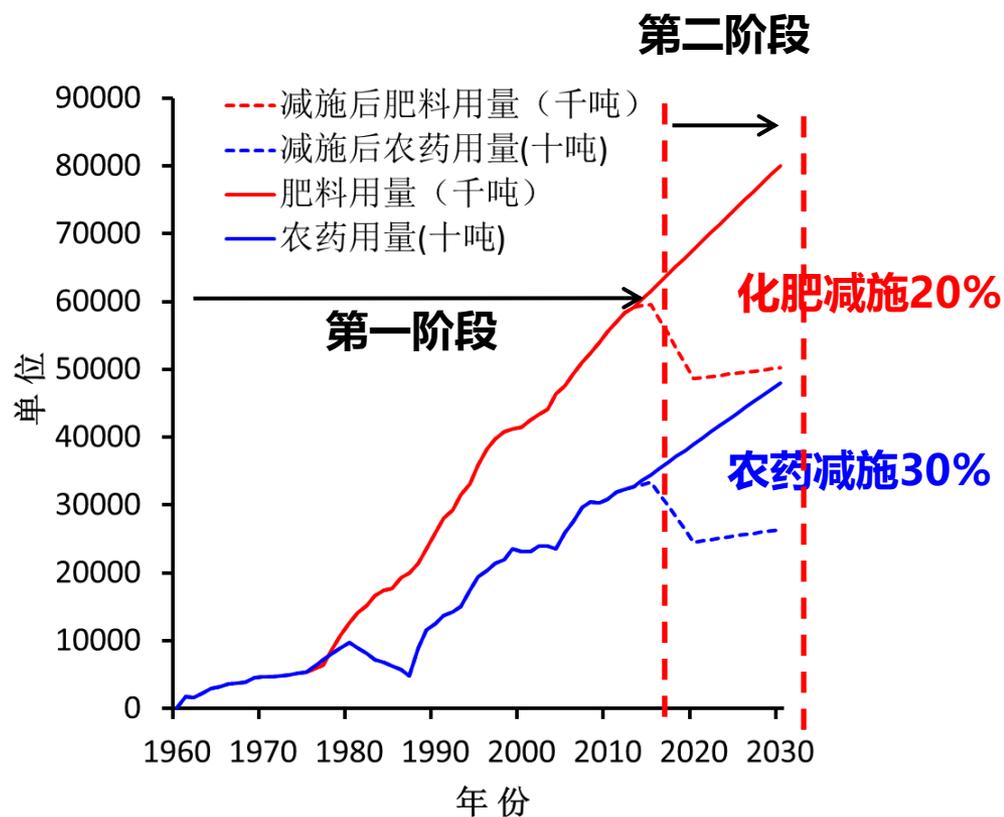


美国化肥农药使用量与粮食产量关系  
(1961-2012, FAO)

# 化肥减施增效（零增长）的提出

## 4. 我国化肥农药应用目前处于快速增长阶段

- 有机替代缺乏
- 缺少技术装备智能化
- 施用限量标准缺乏
- 滥用现象严重



我国化肥农药施用现状与减施潜力分析

# 化肥减施增效（零增长）的提出

## 我国化肥减施潜力分析：

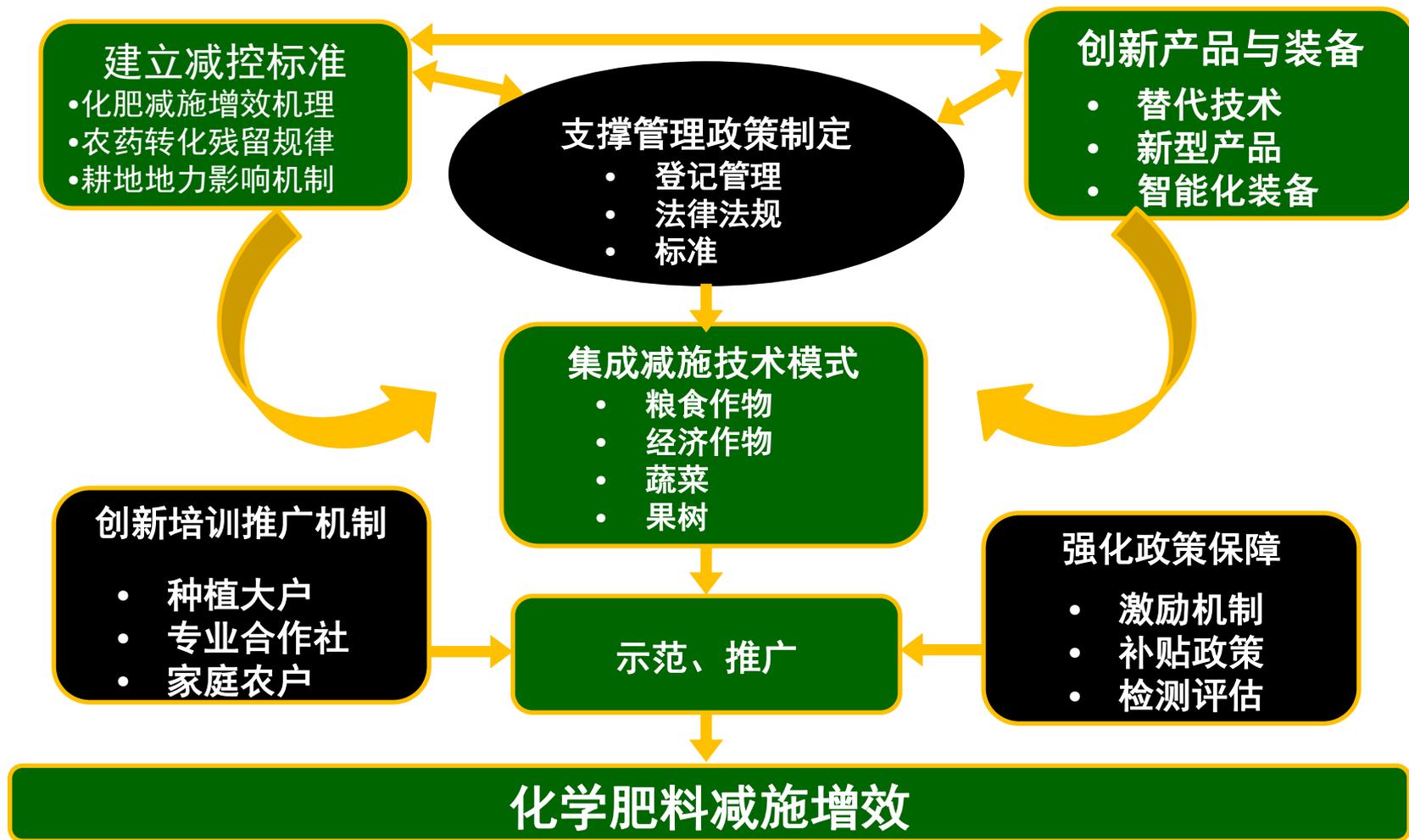
- 采用有机替代、新型肥料及智能机具，我国实际可减施化肥养分28%-37%

### 化肥减施技术潜力分析

技术	减施潜力%
有机替代	8-10
新型肥料	10-15
智能机具	10-12

# 化肥减施增效（零增长）的总体思路

围绕四类作物，实施三大创新，  
强化两个保障，实现一个目标。



# Long-term experiment site

- **The selected long-term field experiment:** located in Gongzhuling city, Jilin province, started in 1980
- **Cropping system:** rainfed continuous corn
- **Soil type:** black soil
- 吉林公主岭的典型长期试验

# Experimental design 试验处理

**Split-plot design:** three main-treatments (manure) and eight sub-treatments (fertilizers)

Main-treatment (Manure)	Sub-treatment (Chemical fertilizer)							
	<b>主区：3个有机肥用量；8个副区：不同化肥组合</b>							
M <sub>0</sub>	CK	N	P	K	NP	NK	PK	NPK
M <sub>2</sub>	CK	N	P	K	NP	NK	PK	NPK
M <sub>4</sub>	CK	N	P	K	NP	NK	PK	NPK

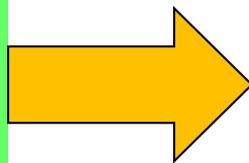
## Application rate

Manure	Chemical fertilizer
M <sub>0</sub> -- 0 m <sup>3</sup> /ha (no manure)	Pure N -- 150 kg/ha
M <sub>2</sub> -- 30 m <sup>3</sup> /ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -- 75 kg/ha
M <sub>4</sub> -- 60 m <sup>3</sup> /ha	K <sub>2</sub> O -- 75 kg/ha

After 29 years in 2009,  
Still big differences  
for chemical  
fertilizers in Mo Plot  
**Mo区化肥之间差异  
显著！**



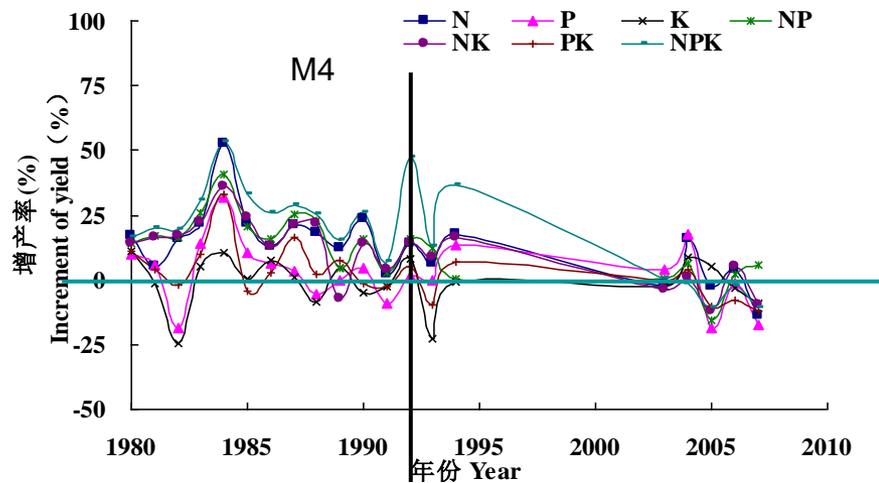
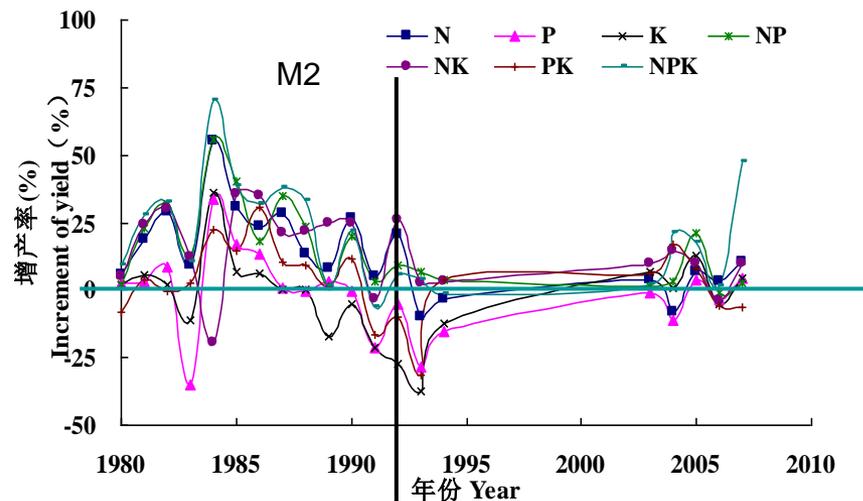
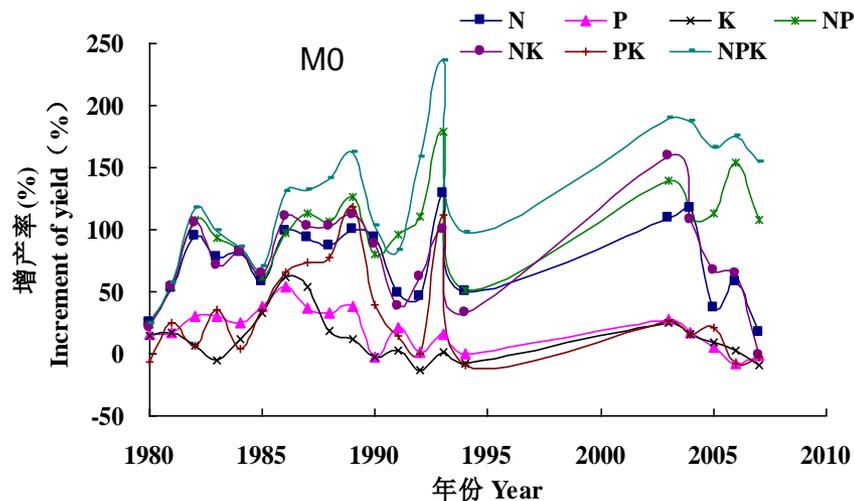
After 29 years in 2009,  
However, no  
significant  
differences for  
chemical fertilizers  
in M2 and M4 Plots



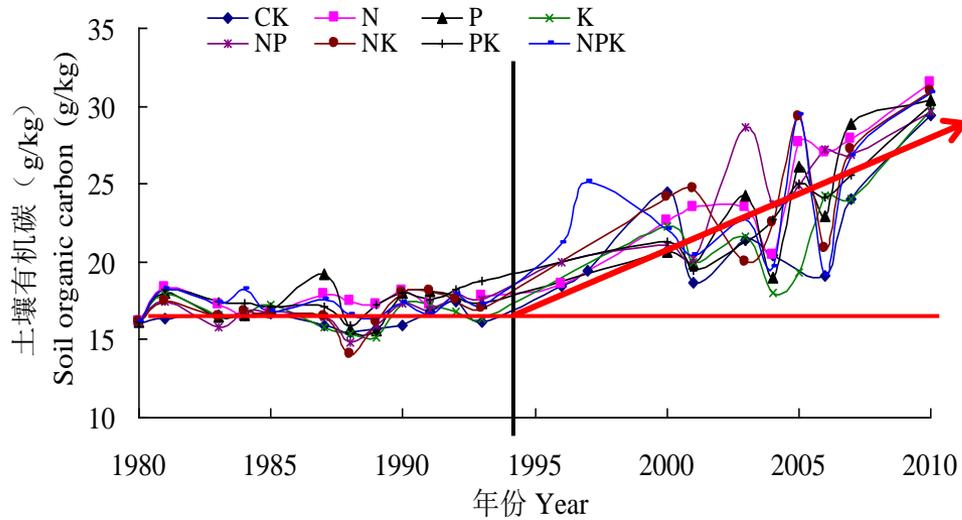
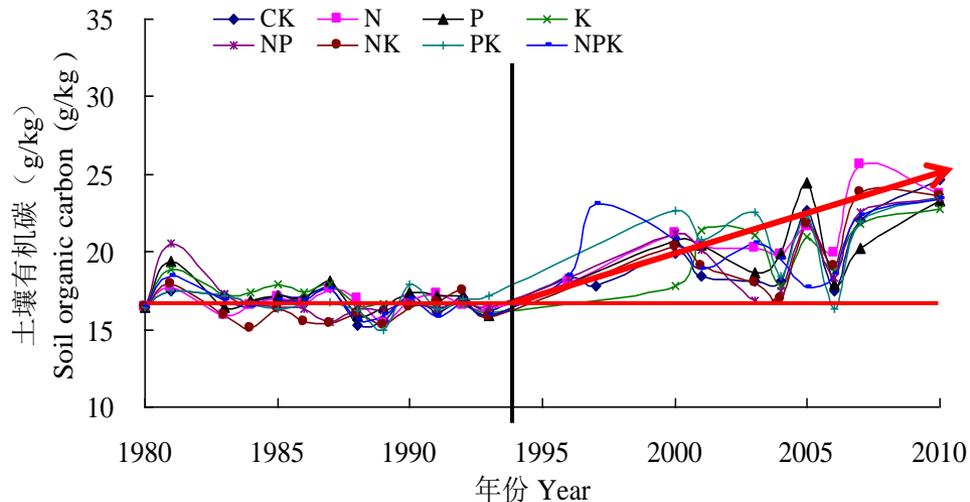
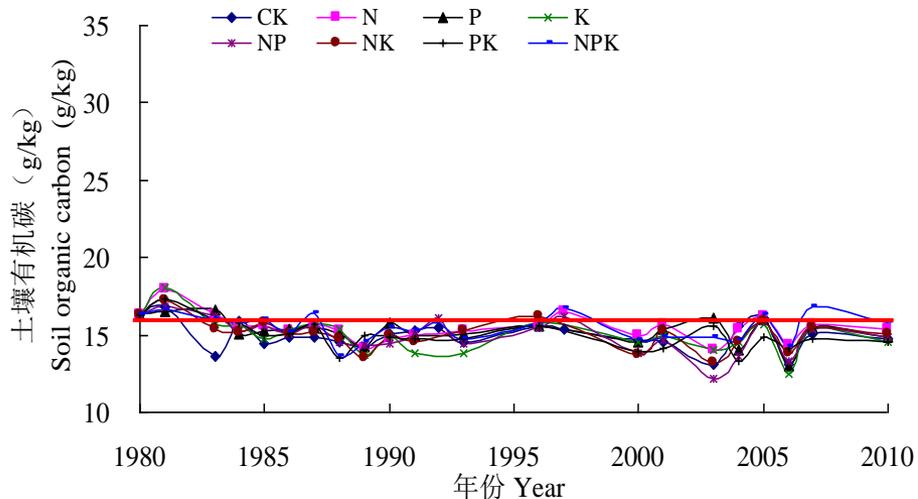
When and Why?  
有机肥区化肥之间没有  
显著差异!  
化肥无效的时间、原因?



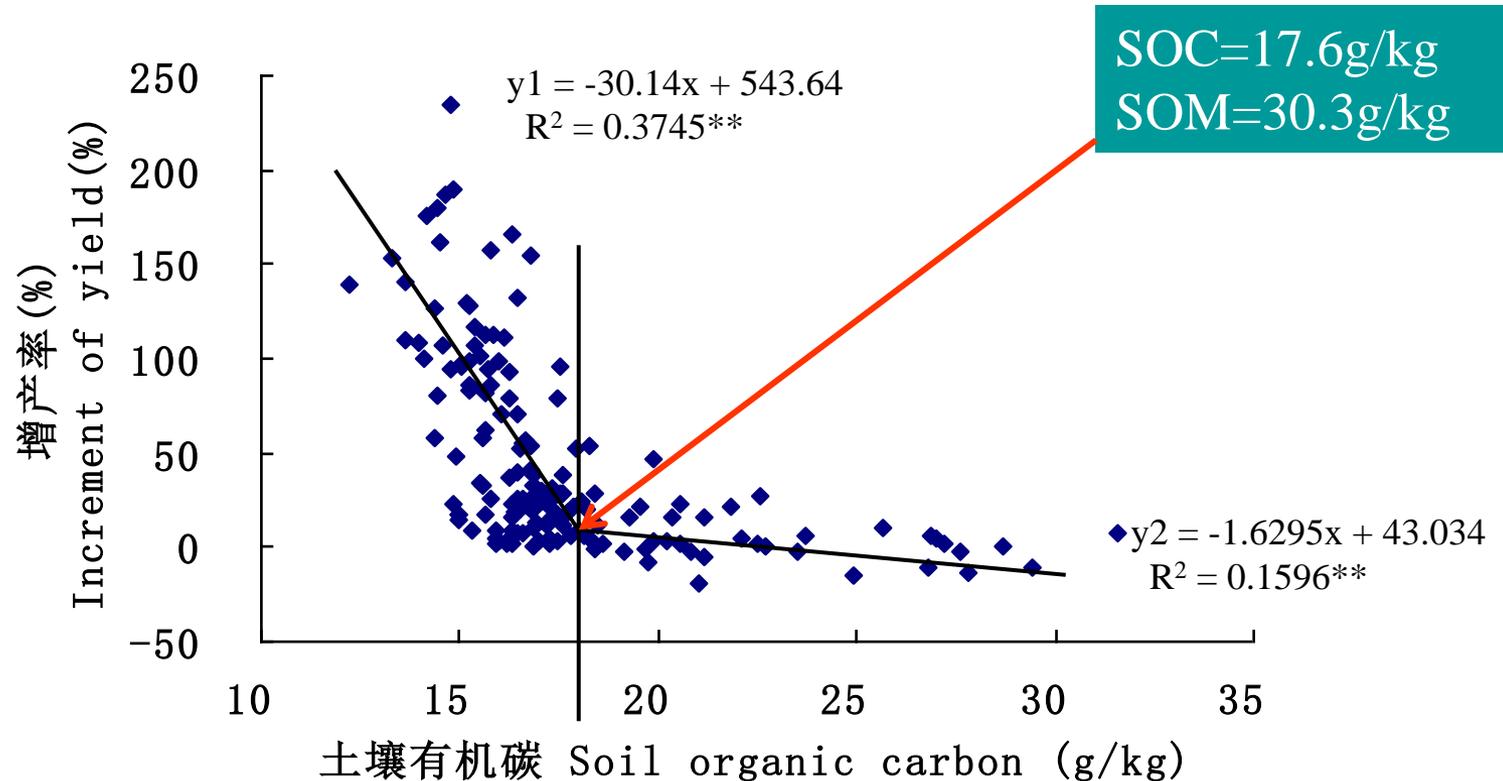
# Dynamic of yield increment due to fertilizer under different manure rates



# SOC dynamic under different manure rates



# Relationship between yield increment due to fertilizer and SOC



# Summary 小结

- 1) When the SOM content reached to 30 g/kg, the chemical fertilizer can be completely replaced with the manure for achieving the expected high yield!
- 2) The results obtained from 160-yr Roth experimental station show that proper chemical fertilizer application can maintain high yield. However, **our results indicate that manure alone can also produce the equivalent high yield when the soil fertility is high enough.** 当土壤肥力足够高时，有机肥可以**100%**替代化肥而保持高产！
- 3) **This is very important for Organic Agriculture or Organic Farming and agricultural sustainable development!**

# 有机肥替代率

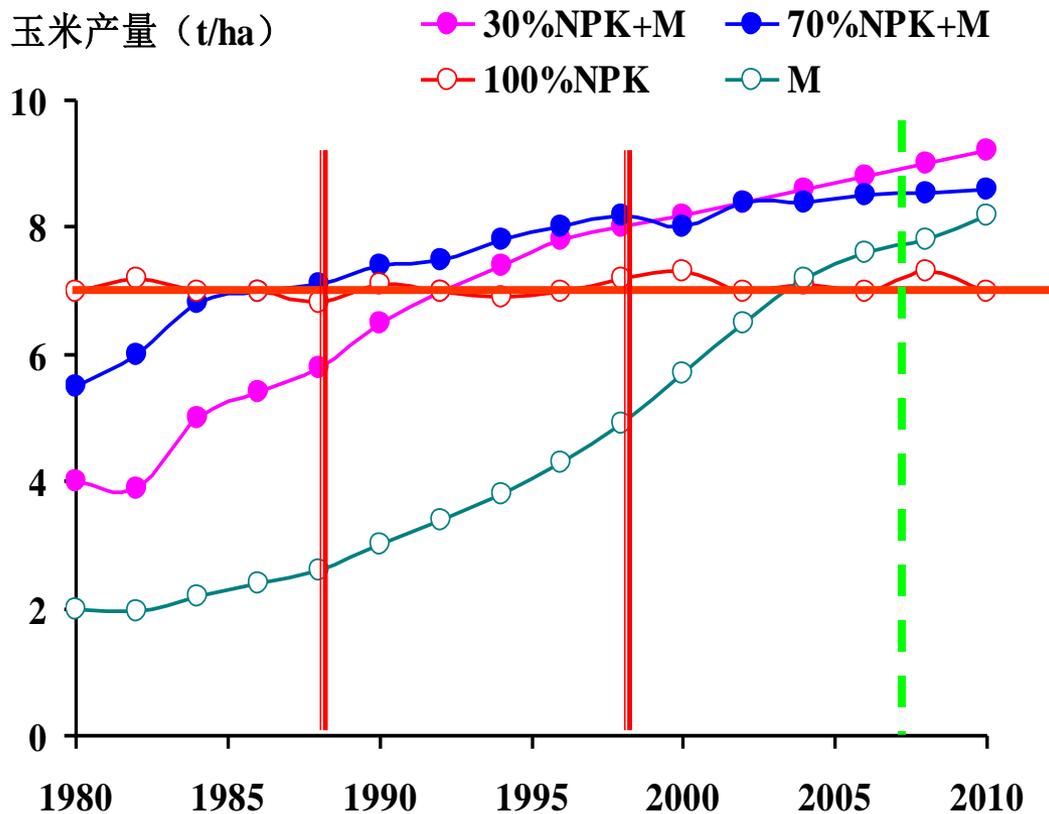
保持高产前提下，有机肥养分替代化肥养分的比例！

引伸为2个条件：

- (1) 高产（与NPK化肥合理施用相比）
- (2) 等养分---主要是等氮量（有机肥氮替代化肥氮的比例）

# 不同肥力土壤上高产的有机肥替代率不同!

通过长期试验  
的分析, 回答  
这个科学与技  
术问题!



肥力水平

低肥力

中肥力

高肥力

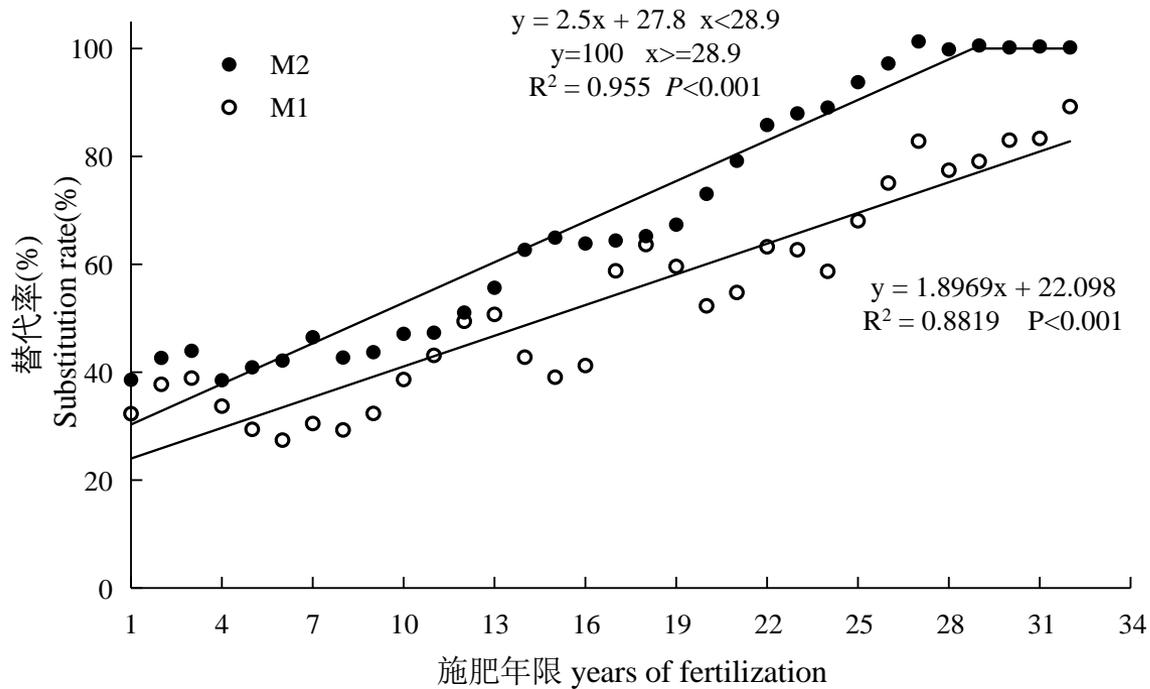
高产的替代率%

20%

50%

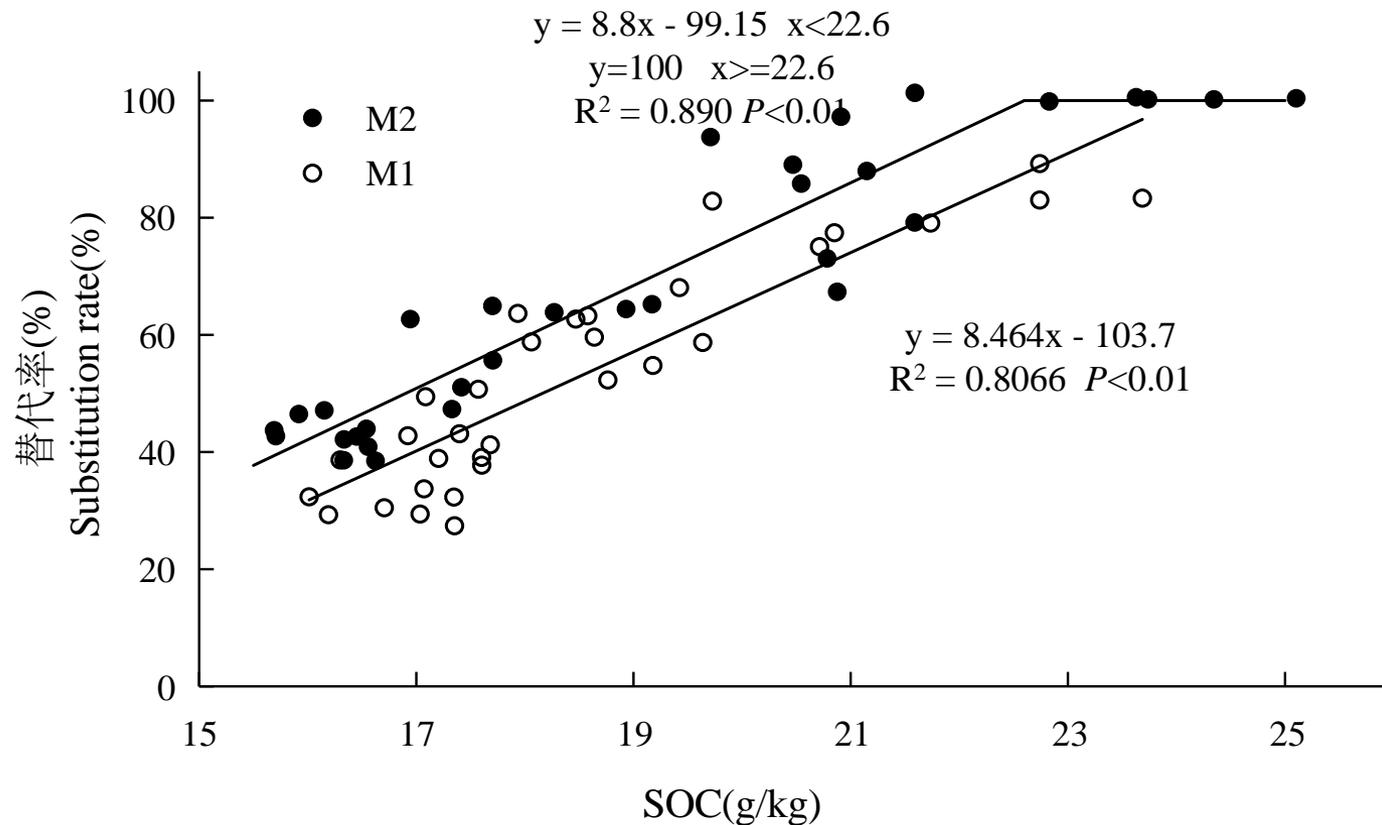
70%

# 长期施用有机肥的化肥替代率随年限增加



- 长期施用有机肥，替代率随施肥年限显著增加( $P < 0.01$ )
- 相同施肥年限下，高量有机肥(M2)的替代率均高于常量有机肥(M1)

# 长期施用有机肥的化肥替代率随有机质增加



- 有机肥替代率是土壤有机碳含量即土壤肥力的函数
- 高量有机肥的替代率高于常量有机肥

# 不同地力土壤上有机肥替代率计算与验证

计算的基本理论：土壤养分释放量+有机肥养分+化肥养分  $\geq$  作物养分需求

有机肥可能替代率=

$1 - (\text{土壤养分释放量} - \text{土壤基础养分供应量}) / \text{养分需求量}$

例如：潮土：

低肥力：SOM  $< 10$  g/kg；替代率：\*\*\*\*\*

中肥力：SOM 11-15 g/kg；替代率：\*\*\*\*\*

高肥力：SOM  $> 16$  g/kg；替代率：\*\*\*\*\*



需要更多田间验证！请多合作！

**感谢长期合作！**  
**欢迎多提宝贵意见！**

