

亚洲、太平洋地区保护性农业论坛  
CA Forum 2007 (Luoyang) For Asia  
& Pacific Region

# 保护性耕作对中国北方温室气体排放 沙尘暴和土地退化的影响

**The Impacts of Conservation Tillage on Atmosphere  
Warming, Dust Storm and Soil Deterioration in North China**

高焕文 教授

中国农业大学

农业部保护性耕作研究中心

**GAO HUANWEN**

**CAU**

**CCTR, MOA**

# 引言 Preface

- ◆全球变暖、大气污染和土地退化是对全人类的挑战！
- ◆是农业机械化发展的巨大挑战和机遇！

**Global Warming, Dust Storm and Soil Deterioration are great challenge to human beings in the world!  
They are also big challenge and opportunity to Agricultural Mechanization Development !**

保护性耕作生产效益好，而且资源环境效益突出；  
建议政府列为环境保护的一项重要措施，给予政策和资金支持；  
中国政府已经把发展保护性耕作写入中央一号文件。

**CT has not only good economy profit, but also great resource & environment benefits.**

**It is suggested that government should take it as main approach in environment protection, and support from policy and funds.**

**Chinese Government has put “Development of Conservation Tillage” into number one document of central government.**

# 一. 保护性耕作减少温室气体排放

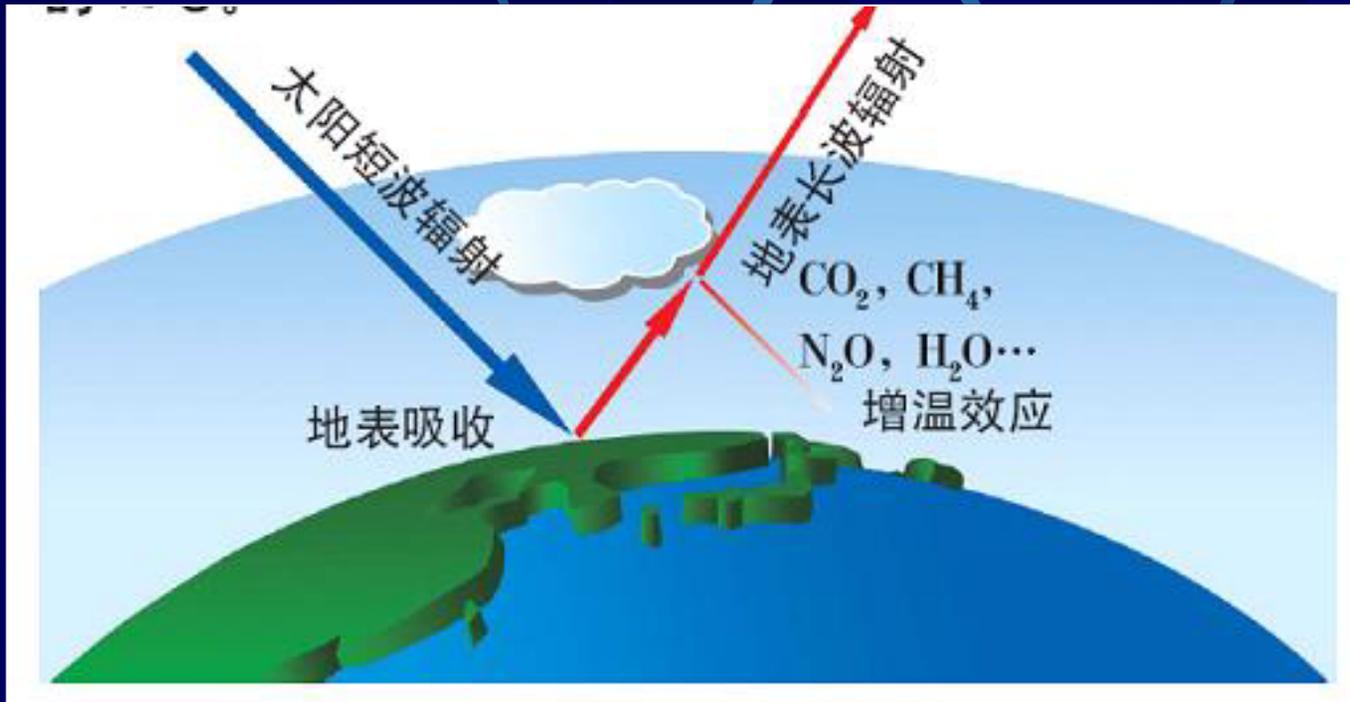
## CT depress Greenhouse Gases

- 温室气体是指使大气变暖的气体，主要包括**CO<sub>2</sub>**，**CH<sub>4</sub>**，**N<sub>2</sub>O**；  
GHG mainly are CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O;
- **CO<sub>2</sub>**，**CH<sub>4</sub>**和**N<sub>2</sub>O**对大气增温的贡献分别是**60%**，**20%**和**6%**；
- 但是单位**N<sub>2</sub>O**对大气环境的增温作用是**CO<sub>2</sub>**的**290~310**倍、是**CH<sub>4</sub>**的**10**倍,对大气温室效应影响严重。

The potential of N<sub>2</sub>O emission warming atmosphere is greater 290~310 times than CO<sub>2</sub>, 10 times than CH<sub>4</sub>.

# 温室气体排放是全球气候变暖的主要原因

GHG emission is main factor in Atmosphere warming



温室气体  
从哪里来???

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> 相当部分来至旱地  
Partial come from dry land

N<sub>2</sub>O

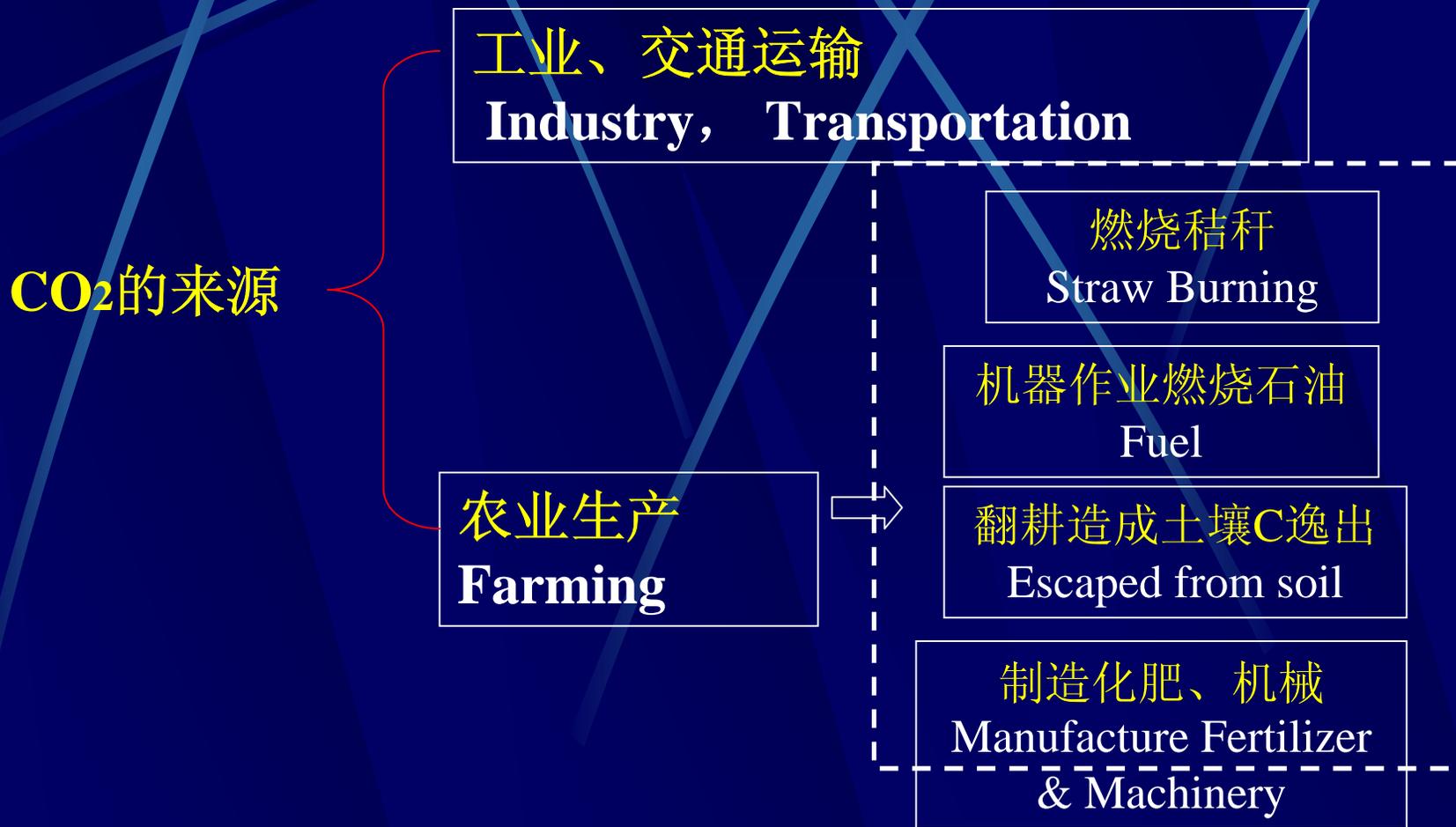
90%的N<sub>2</sub>O来自于农田  
90% come from farm land

CH<sub>4</sub>

CH<sub>4</sub> 相当部分产生于水田  
Partial come from rice paddy

# 1.1 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)

对全球气候变暖贡献率60% contribution rate



# 保护性耕作对减少CO<sub>2</sub>的作用

## The effects of CT on CO<sub>2</sub> reduction

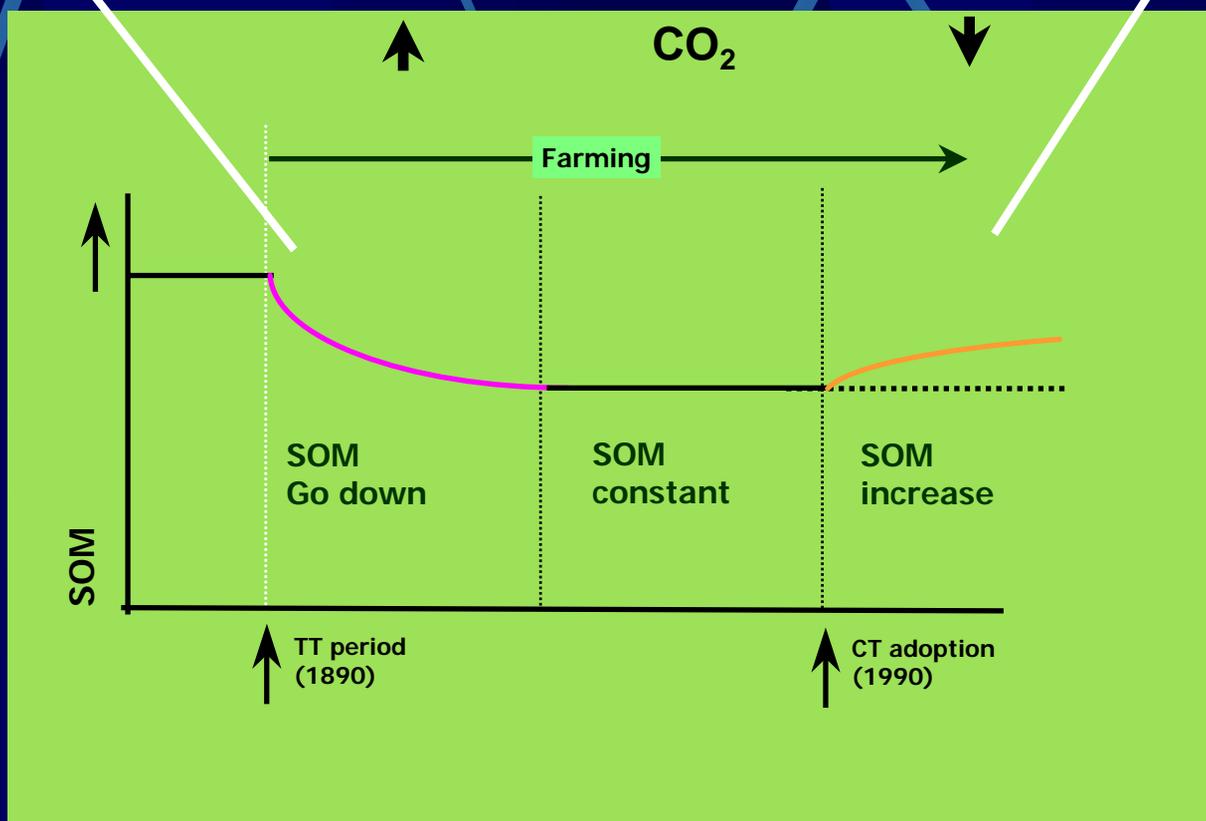
- ◆ 北方保护性耕作比传统耕作减少油耗25-33%，每公顷耕地年均少排放84kg CO<sub>2</sub>。 **From fuel reduction**
- ◆ 禁烧秸秆、降低油耗、不翻耕土地和减少制造农资，保护性耕作可比传统耕作每公顷年减少排放501kg CO<sub>2</sub>。 **From Stop straw burning, Reduce fuel consumption, reduce escape from soil and reduce CO<sub>2</sub>emission from manufacture.**
- ◆ 北方60%耕地实行保护性耕作，将减少CO<sub>2</sub>排放 35Mt，占每年全球CO<sub>2</sub>排放量的1/100。 **60% adoption of CT**

# 土壤有机质含量与大气中CO<sub>2</sub>含量密切相关

## Soil Organic Matter related to CO<sub>2</sub> in Atmosphere

传统耕作有机质下降  
大气CO<sub>2</sub>含量上升

保护性耕作有机质含量增加  
大气CO<sub>2</sub>含量下降



保护性耕作减少CO<sub>2</sub>排放、增加土壤贮碳的贡献不亚于生产上的贡献，应该得到政府支持！  
CT contribution on the reduction of CO<sub>2</sub> is no less than on the increasing of crop.



## 2.2 减少N<sub>2</sub>O气体排放 Reduce N<sub>2</sub>O emission

- N<sub>2</sub>O气体多数是农田土壤中的氮素经过反硝化细菌或硝化细菌作用而产生的。N<sub>2</sub>O emissions are produced from farmland by denitrification and nitrification process, through bacteria activities.
- 产生的条件一是有氮素，二是在土壤中，三是合适的土壤水分。The productive condition of N<sub>2</sub>O emission are N resources, in the soil, suitable moisture.
- 中国N<sub>2</sub>O气体的来源：The resources of N<sub>2</sub>O emission in china  
施用氮素化肥 43% applied chemical N fertilizer  
农田土壤自己产生27% base farmland“  
施用有机肥 23% applied organic manures  
作物秸秆 2% crop residue  
其它来源 6% other N resources

# 氮肥的施用 Chemical N fertilizer application

- 2004年中国生产了4519万吨化肥，其中氮肥3304万吨，平均268 kg/hm<sup>2</sup>。China produced 45.19 Mt of C.F., among it N fertilizer 33.04Mt.

- 粗略估计化肥有效利用率只有30-35%.

A rough estimation is the fertilizer utilization efficiency is only 30-35% in China.

- 减少N<sub>2</sub>O排放，首先要减少氮肥用量

Reduction of N<sub>2</sub>O emission, decrease the amount of N fertilizer application should be put in high priority.

# 保护性耕作 减少N<sub>2</sub>O排放

CT reduce N<sub>2</sub>O ?

直接效果

Immediate

减少农田风蚀 Wind erosion

减少农田水蚀 Water erosion

减少焚烧秸秆 Burn Straw

减少燃烧燃油 Reduce Fuel

长期效果

Long time

改善土壤结构 Soil Structure

提高土壤肥力 Soil fertility

# 1) 减少风蚀 Reduce N loss by wind erosion

◆ 中国北方农田风蚀面积12~14 Mhm<sup>2</sup>，农田风蚀量每年10~20t/hm<sup>2</sup>，风蚀物含全氮0.17%，每年风蚀损失全氮17~34 kg/ hm<sup>2</sup>。

The wind eroded cropland is 12~14 Mhm<sup>2</sup> in NC, average erosion rate is 10~20 t/hm<sup>2</sup>/a, N content in wind collection is 0.17%, wind erosion loss full N 17-34 kg/hm<sup>2</sup>



# 保护性耕作减少风蚀

保护性耕作减少风蚀60%，减少全氮损失10.2~20.4kg/hm<sup>2</sup>。  
全氮转化为N<sub>2</sub>O气体的比例1.25%（PICC国际气候变化委员会建议值），我国每年减少N<sub>2</sub>O气体排放2001~6024t。

CT reduce wind erosion 60%, cut down N loss, take the transfer rate 1.25% (PICC value), reduce 2001~6024t in China.



## 2) 减少水蚀 Reduce N loss by water erosion

◆ 黄河流域水土流失面积10~13Mhm<sup>2</sup>，农田水蚀平均15t/hm<sup>2</sup>，损失全氮 50kg/hm<sup>2</sup>。

Water erosion area 10-13Mhm<sup>2</sup> in Yellow River Basin, N loss 50kg/hm<sup>2</sup>



传统耕作

保护性耕作

农业部保护性耕作研究中心 [www.cn-ct.net](http://www.cn-ct.net)

# 保护性耕作减少水蚀

保护性耕作减少水蚀80%，减少全氮0.32~0.4Mt，乘1.25%的转化率，可减少N<sub>2</sub>O排放7850~10200t，相当全国N<sub>2</sub>O排放的2.2~2.8%。

CT reduce water erosion 80%, cut down N loss 0.32~0.4Mt, equivalent to China N<sub>2</sub>O 2.2~2.8%.



### 3) 减少焚烧秸秆 Avoid straw burning

每年焚烧  
**150Mt**秸秆  
Annual  
burning

产生  
produce

**0.0075MtN<sub>2</sub>O**  
**0.379MtCH<sub>4</sub>**



保护性耕作减少**60Mt**秸秆  
燃烧，减少**3000tN<sub>2</sub>O**和  
**151.000t CH<sub>4</sub>** 气体排放  
CT stop straw burning, cut  
down N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emission

## 4) 减少燃烧燃油 Reduce fuel consumption

燃烧1公斤柴油  
1kg diesel fuel



3.2kgCO<sub>2</sub>  
或  
0.01kgN<sub>2</sub>O



设燃油产生的气体中70%为CO<sub>2</sub>、  
30%为N<sub>2</sub>O，保护性耕作每年减少  
5.15MtCO<sub>2</sub>和6900t N<sub>2</sub>O。

Assume CO<sub>2</sub> 70%、N<sub>2</sub>O 30%

# 保护性耕作直接减少N<sub>2</sub>O排放的效果

CT indirect but immediate reduce N<sub>2</sub>O emission

- ◆ 以上4方面直接减少温室气体排放作用将使北方减少N<sub>2</sub>O气体排放19751~26124t，占全国N<sub>2</sub>O排放量5.5~7.5%

Above 4 aspects will directly reduce N<sub>2</sub>O emission 19751~26124t， takes 5.5~7.5% of China totalN<sub>2</sub>O emission.

# 保护性耕作减少N<sub>2</sub>O气体排放的长期效应

## Long term effects of CT on N<sub>2</sub>O reduction

- 保护性耕作改善土壤结构和肥力减少温室气体排放的长期效应，水田需要10年后，旱地要20年后才能显现。短期内排放可能减少也可能增加。

The significant reduction of N<sub>2</sub>O may show after adoption of CT 10 years in humid area, 20 years in dry area.

采用保护性耕作后改  
善土壤结构和肥力 →



# 表1 保护性耕作实施不同时间对大气温暖的影响

单位: (kg ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>)

## The effects of different CT years on Warming Potential

	Year 5	Year 10	Year 20
<b>CO<sub>2</sub></b>			
Humid	710	-780	-815
Dry	1123	137	-356
<b>N<sub>2</sub>O</b>			
Humid	1114	330	-1238
Dry	398	268	8
<b>CH<sub>4</sub></b>			
Humid	13	-13	-13
Dry	13	-13	-13
<b>Total</b>			
Humid	391	-463	-2066
Dry	1508	392	-361

## 2.3 CH<sub>4</sub> 多产生于水田，保护性耕作的影响还不清楚

CH<sub>4</sub> Mainly from paddy field, The effect of CT on CH<sub>4</sub> is uncertainty



## 二. 保护性耕作减少沙尘暴

CT Depress Dust Storm



## 2.1 北方沙尘天气频繁 Many dust storms in NC

年代	合计	沙尘天气 Dust days		
		强沙尘暴a	沙尘暴b	扬尘c
2000	19	2	7	10
2001	22	5	11	6
2002	17	5	7	5
2003	10	0	2	8
2004	19	1	5	13
2005	13	1	6	6
2006	17	5	5	7
合计	117	19	43	55
平均	16.7	2.7	6.1	7.9

**a: heavy, b: middle, c: light storm**

# 2006年春天北方出现12次沙尘暴,是近7年来第二个沙尘暴严重年份



**North China had 12 times of dust storm in Spring of 2006**

全国有1500公里铁路、  
3万公里公路和5万公里  
灌渠遭受风沙破坏。

Dust storm damage



飞机不能正常飞行



被破坏的列车

## 2.2 农田扬尘

农田扬沙分三部分：沙粒（直径大于 $20\ \mu\text{m}$ ）、尘粒（直径 $20\ \mu\text{m}$ 以下），粉尘（直径小于 $10\ \mu\text{m}$ ）又称 $\text{PM}_{10}$ 。

**The dust from farm land has 3 parts: Sand particle ( diameter large than  $20\ \mu\text{m}$ ), Dust particle (diameter less than  $20\ \mu\text{m}$ ) Fine dust (diameter less than  $10\ \mu\text{m}$ ) called  $\text{PM}_{10}$ .**



# 不同地表的土壤颗粒含量

地表类型	颗粒含量百分数 % , Diameter mm)							
	>2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.02	<0.02
传统耕作	0.64	1.59	12.64	6.19	13.6	34.47	16.22	14.65
保护性耕作	1.25	3.43	15.76	8.42	13.26	29.52	14.77	13.59
草地	2.26	2.02	16.66	10.04	15.62	34.71	12.62	6.37
沙地	1.24	9.26	19.97	42.28	18.31	8.32	0.38	0.24

直径  $< 20 \mu\text{m}$  颗粒含量:

农田13% > 退化草地 6% > 沙地 1%. 沙尘暴的尘源主要来自至农田, 而不是沙地(沙漠)。

Fine particle mainly from crop land & grass land, but not desert.

# 中农集沙仪田间采集 扬尘

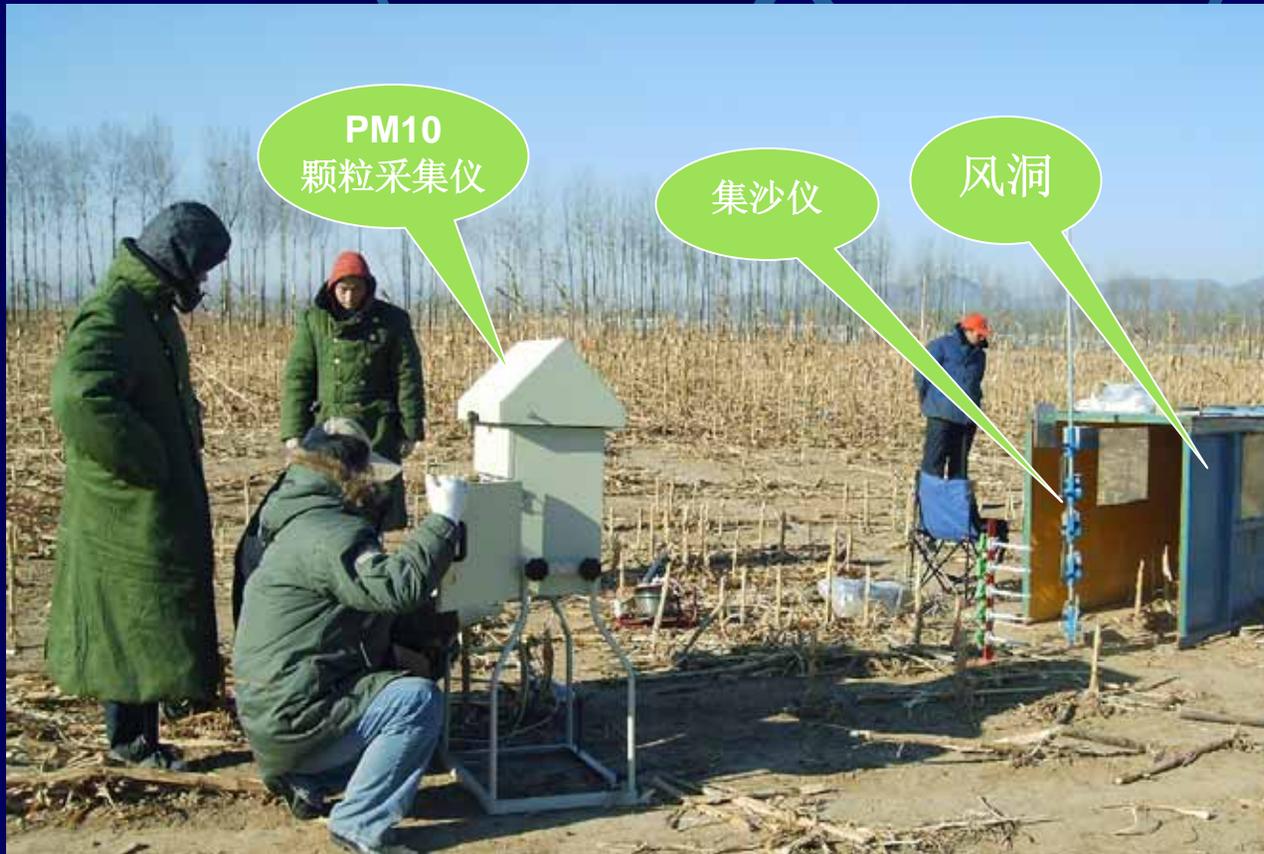
Wind erosion particle  
collectors. →



← 用5米高秆集沙仪进  
行农田扬尘监测

中国农业大学用 $PM_{10}$ 粒采集仪，在北京进行了不同地表的 $PM_{10}$ 流量试验。

Testing  $PM_{10}$  flow in Beijing



试验结果低茬地、粉碎秸秆覆盖地、直立秸秆地PM<sub>10</sub>发生量比翻耕地减少41.%, 69%, 和77%

PM<sub>10</sub>测定结果g PM10 amount

地表	毛重	纸重	PM <sub>10</sub> 量
翻耕地 (mold plough)	2.65	2.4386	0.2114
低茬 short stubble mulch)	2.5633	2.4386	0.1247
全秸秆(full straw cover)	2.5037	2.4386	0.0651
多秸秆+直立 straw plus stubble	2.4862	2.4386	0.0476

北京农田全部翻耕，每年产生84万吨 $PM_{10}$ ，北京1200万市人均70kg。It would be 0.84Mt of  $PM_{10}$ , when total crop land plowed in Beijing .

推广保护性耕作， $PM_{10}$ 可以减到19万吨。

While adoption of CT,  $PM_{10}$  could be reduced to 0.19Mt



← 大量秸秆覆盖地表可以有效防止扬尘

### 三、保护土地资源 Protect Resource of Soil

北方大部分耕地呈退化趋势，土壤有机质和营养元素不断减少，结构变差。侵蚀是退化的主要原因。

水蚀导致耕地退化  
Soil deterioration by  
water erosion



风蚀导致耕地粗砂化  
Soil deterioration by  
wind erosion

# 土地退化 Soil Deterioration



我国每年土壤侵蚀量**50亿吨**、**33亿吨**来至耕地，相当于耕地被刮走**2.5mm**。

Soil erosion 3.3Bt/a from farm land in China.

水蚀冲走肥沃表土 →



← 风蚀吹走细粒表土

## 3.1 农田土壤风蚀 Wind erosion

主要在西北和东北部分地区。测定结果，风蚀量在每年10~80t/hm<sup>2</sup>之间，农田集中在每年10-20t/hm<sup>2</sup>

Wind erosion in Cropland is 10-20t/hm<sup>2</sup> annually.

中国农业大学研制的  
移动式风蚀风洞



Wind tunnel made by  
CAU



# 北方干旱、半干旱地区土壤风蚀测定

## Wind erosion measure

序号	地 区	气候	土质	风蚀量 t/hm <sup>2</sup> .y	测定方法	测定 时间
1	北京 延庆	半湿润偏旱	壤土	11.28	插钎法	2005
2	山西 右玉	半湿润偏旱	黄土	13.7	插钎法	1990
3	山东 夏津	半湿润偏旱	沙壤土	21	插钎法	1992
4	陕西 神木	半湿润偏旱	黄土	18.9	模型法	1998
5	河北 丰宁	半湿润偏旱	风沙土	96.2	插钎法	2002
6	内蒙古 奈曼	半干旱	风沙土	80	插钎法	1993
7	内蒙古 奈曼	半干旱	沙质土	21.6	陷阱诱捕法	2002
8	青海 共和	半干旱	农田/草地	7.5-43	铯-137标记	2000
9	青海 格尔木	干旱	沙丘地	84.2	铯-137标记	2001
10	新疆 库尔勒	干旱	农田/草地	31-60	铯-137标记	1998

# 农田表土与土壤风蚀物的营养物质含量测定

## Nutrition measuring in surface soil and wind collection

测定地点 与时间		土壤有 机质	全氮	全磷	全钾	测定 方法
河北丰宁 2002	表土(5cm)	1.3	0.096	0.014	1.83	田间沙尘 采集仪
	风蚀物	3.016	0.167	0.038	1.99	
	富集率	2.32	1.74	2.70	1.09	
内蒙古 正蓝旗 2003	表土(5cm)	1.38	0.103	0.016	1.82	移动式风 洞
	风蚀物	3.01	0.179	0.038	1.96	
	富集率	2.18	1.74	2.38	1.08	

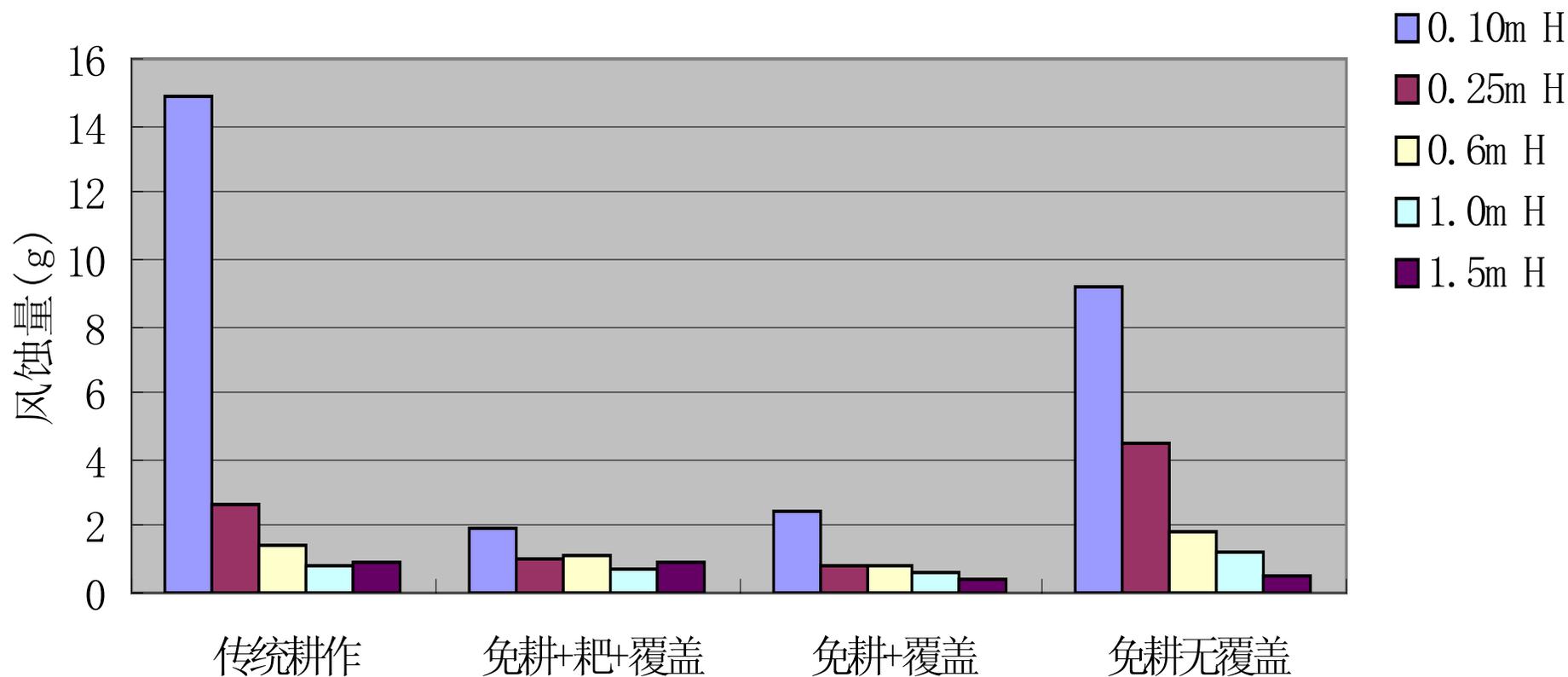
每年每公顷刮走300kg 有机质，耕层有机质含量下降0.01%

Eroded out 300kg/hm<sup>2</sup>/a, make SOM reduce 0.01%

# 保护性耕作比传统减少风蚀60% 河北张北测定

CT reduce 60% of wind erosion

不同耕作处理的风蚀量测定



## 3.2 农田土壤水蚀 Water erosion

黄河流域是水蚀最严重地区之一，每年入海泥沙16亿吨，平均水蚀15 t/hm<sup>2</sup>以上。坡耕地水蚀特别严重，15°坡耕地水蚀量是5°的5倍。

**Water erosion is 15 t/hm<sup>2</sup> in average in Yellow river basin.**

水蚀引起的土壤流失 →



# 保护性耕作比传统翻耕减少水蚀 80%

## CT reduce water erosion 80%

### 保护性耕作与传统耕作的土壤水蚀对比

测试地区 单位	土壤坡 度	土壤流蚀量 (单位)			测试方法	时间
		传统耕作	保护性耕 作	减少 率%		
山西寿阳 中国农业大学	5度	7.34 (t/hm <sup>2</sup> )	1.45 (t/hm <sup>2</sup> )	80	大田径流区、 翻斗仪	1998- 1999
河南洛阳 洛阳农科院	0度	0.525 (t/hm <sup>2</sup> )	0.123 (t/hm <sup>2</sup> )	76	土槽、模拟 降雨	2000- 2001
山西隰县 山西农业大学	5度	0.454 (g/s)	0.048 (g/s)	88	人工修坡、 模拟降雨	1999
	10度	3.327	1.154	65		
	15度	6.046	3.543	41		

耕地是宝贵的资源。1996年我国耕地面积1.3亿公顷，2007年下降到1.2公顷。加快推广保护性耕作势在必行。  
Speed up CT to protect crop

land



一年两熟区保护性耕作  
减少土壤侵蚀



一年一熟区保护性耕作  
减少土壤侵蚀



# 四、农业机械化的新挑战和新机遇

农业机械化的传统挑战： **Old challenge to Ag. Mech.**

提高农业劳动生产率      **Raise labor productivity**

增加单位面积产量      **Increase soil productivity**

降低作业成本      **Reduce operation cost**

# 新挑战 New Challenge

全世界面临的  
四大挑战

气候变暖 Atmosphere warm

土地退化 Soil degradation

石油枯竭 Petrol exhaust

人口膨胀 population explode

# 新机遇 New Opportunity

农业机械化的新机遇是：

加快实施保护性耕作工程 Speed up CT

-----温室气体排放、土地退化

实施机械化精确施肥工程 Fertilizer  
precise (sit specific) application

实施机械化秸秆禁烧工程

-----温室气体排放、大气烟尘污染

实施机械化农业废弃物处理工程

-----温室气体排放、土地退化

# 中国保护性耕作展望

- 2010年北方保护性耕作发展到400万公顷；
- 2016年(未来10年)发展到1300万公顷（北方耕地20%左右）；
- 全国耕地60%实现保护性耕作（7000万公顷），预计需要20年以上。

2006 4 1

## 4.2 实施机械化精确(定位)施肥工程

### Fertilizer precise (sit specific) application

目前化肥大多撒在地表  
Currently fertilizer spread  
on the ground



# 农业部正推行“测土施肥”项目

MOA project “application based soil measurement”

施多少肥的问题解决了，需要解决如何施的问题。

Need to solve how to apply?



中国赣州网  
www.gadaily.com

精确施肥、减少施肥量不仅降低成本、减少资源消耗，而且降低N<sub>2</sub>O排放、减少水质污染。

Reduce apply amount of N fertilizer, cut down N<sub>2</sub>O emission

机械化精确施肥是一项新的系统工程。涉及各种播种施肥机械、地表撒施机械、中耕施肥机、厩肥施用肥机的改革。



## 4.3 实施机械化秸秆禁烧工程

### Stop straw burning project

2007.6.13，农业部发出紧急通知，要求各地做好秸秆综合利用、禁止秸秆焚烧。需要系统规划实施。



# 秸秆覆盖还田 Stalk mulch



## 秸秆打捆外运

Straw baling

## 秸秆翻埋还田 Straw incorporation

农业部保护性耕作研究中心 [www.cn-ct.net](http://www.cn-ct.net)

## 4.4 实施机械化农业废弃物处理工程

包括农、林、牧、副业废弃物处理  
用废弃物生产有机肥料，  
用废弃物生产沼气、发电，  
减少环境污染、减少温室气体排放和减缓土地退化

# 结论与建议

## Conclusion & Suggestion

1、保护性耕作既有良好的经济效益，又有突出的资源环境效益，应该加大示范推广力度，尽快形成规模，使之在节约资源和保护环境中的作用。

Extension of CT should be enhanced due to great benefits of resource & environment.

2、鉴于保护性耕作在保护生态环境中的重大作用、属于公益性项目，建议国家把保护性耕作列入生态环境建设项目，以农耕地覆盖的面积为建设目标，由国家立项，政府和社会多方面投入。

Extension of CT should be a public profit project, by government making plan and governmental, citizen & farmer inputs together.

Thanks

