



# 2019 中国农业展望大会

## 2019年4月20-21日，北京 中国职工之家



中国气象科学研究院

# 气候变化对中国农业生产的影响与风险



## 《农业应对气候变化蓝皮书》编写组





# 内容

## 一、气候变化预估

## 二、影响与风险

### 1. 农业气候资源

### 2. 作物种植分布

### 3. 农业气象灾害

### 4. 气象产量灾损

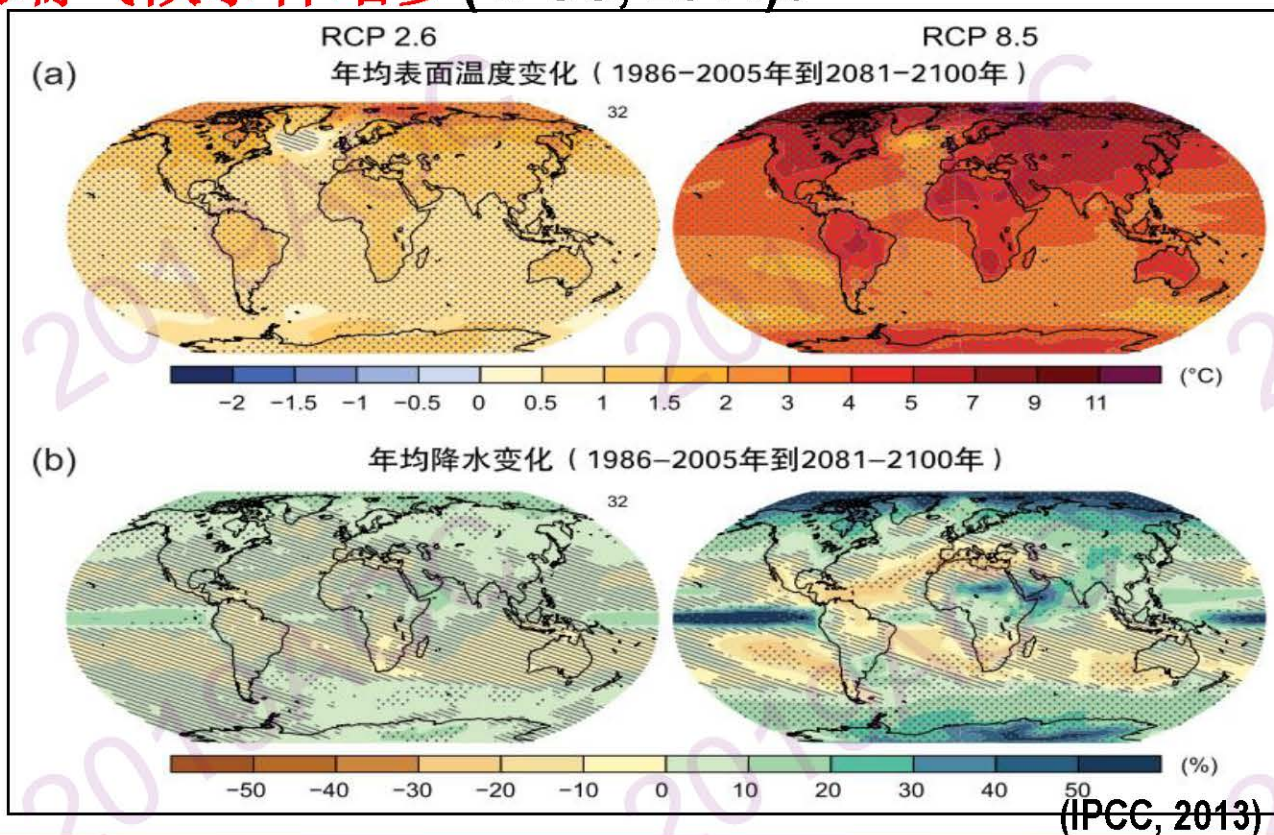
## 三、结论与建议





# 一、气候变化预估

- IPCC第五次评估报告指出，1880-2012年全球平均温度升高了 $0.85^{\circ}\text{C}$ ，预计2100年平均气温将升高 $1.0-3.7^{\circ}\text{C}$ ，降水时空差异增强，极端气候事件增多 (IPCC, 2014)。



2017年全球表面平均温度较1981-2010年平均值( $14.3^{\circ}\text{C}$ )高 $0.46^{\circ}\text{C}$ ，比工业化前水平(1850-1900年平均值)高约 $1.1^{\circ}\text{C}$ 。

1901-2017年中国陆表平均温度上升 $1.21^{\circ}\text{C}$ ，1951-2017年升温速率达 $0.24^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 。

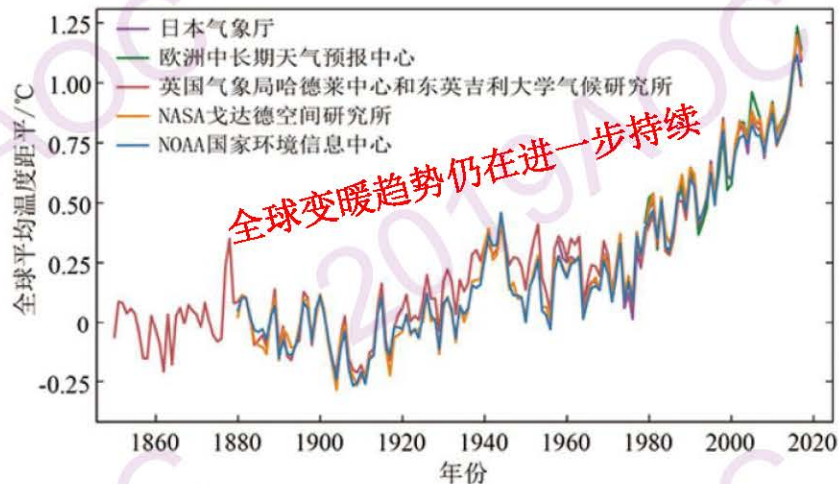


图1.1 1850 ~ 2017年全球表面年平均温度距平 (相对于1850 ~ 1900年平均值)  
(引自世界气象组织《2017年全球气候状况声明》)

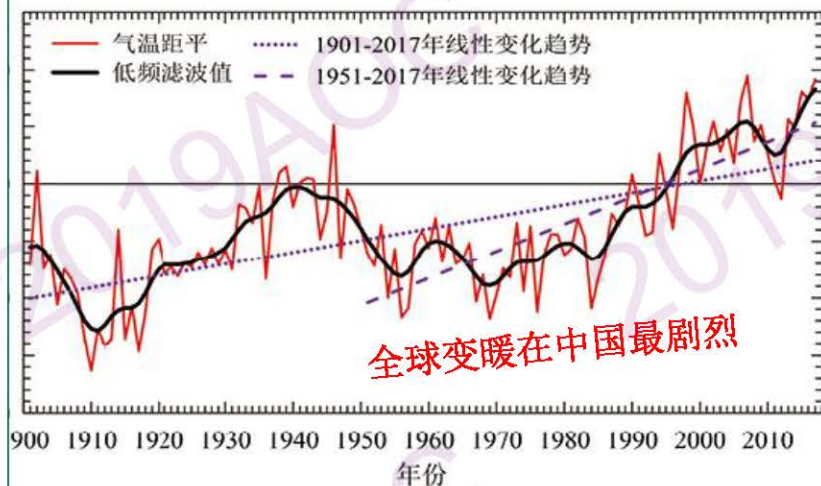


图1.7 1901 ~ 2017年中国地表年平均气温距平

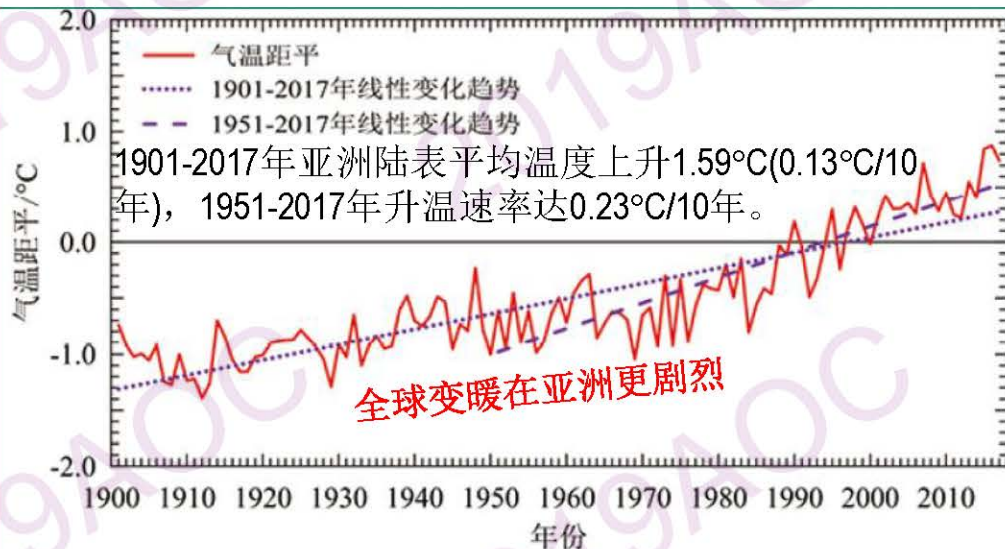


图1.2 1901 ~ 2017年亚洲陆地表面年平均气温距平

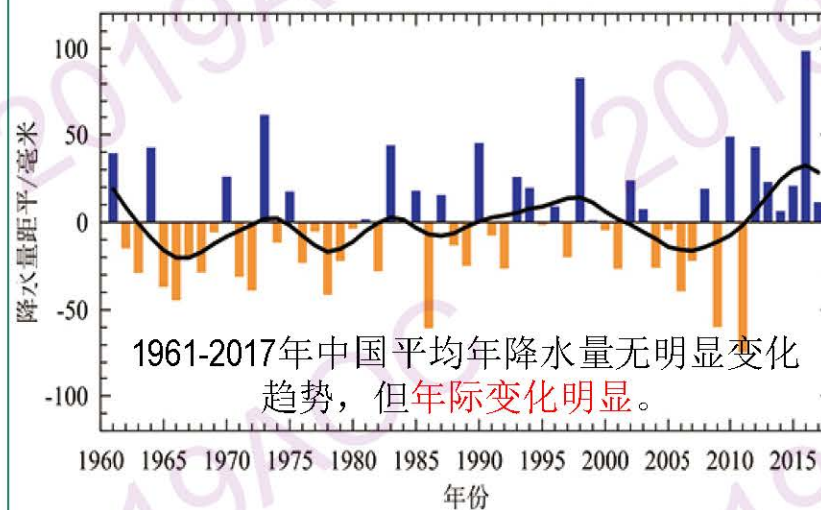


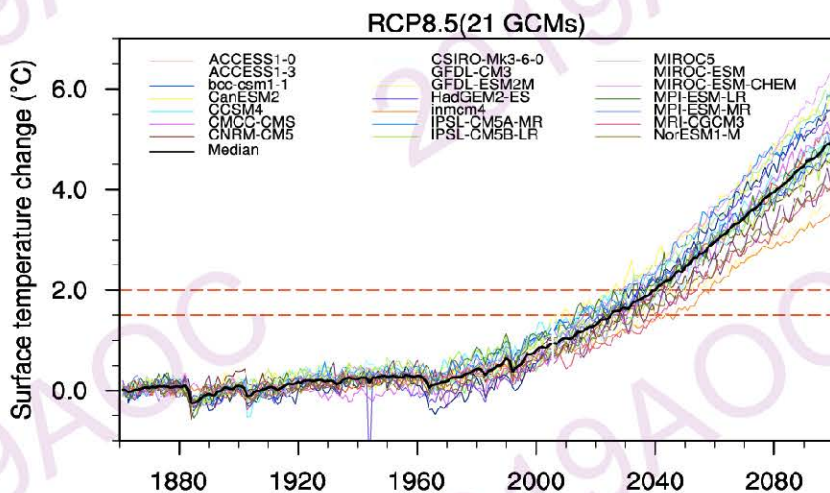
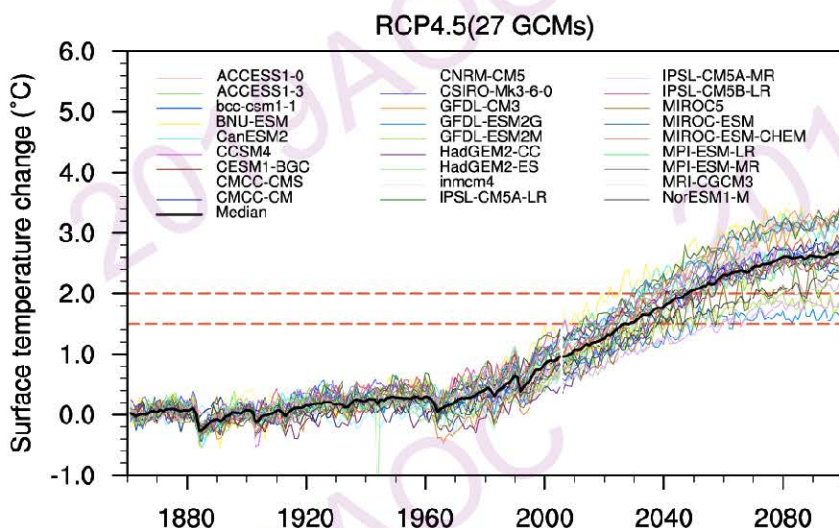
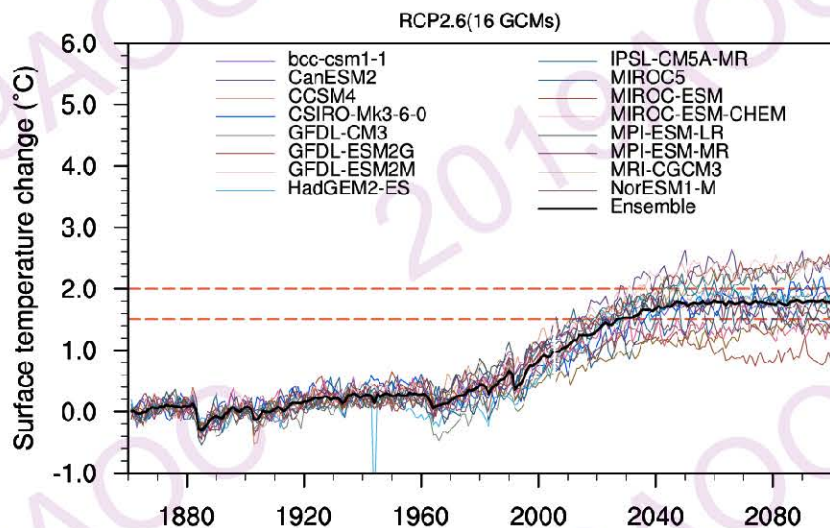
图1.14 1961 ~ 2017年中国平均年降水量距平

# 中国气候预估

- 使用16个CMIP5模式模拟结果的等权重系数集合平均，包括**Historical**、**RCP2.6**、**RCP4.5**和**RCP8.5**情景下1861-2100年**日尺度**的温度(平均、最高/低温)、降水、风速、相对湿度和辐射(仅8个模式)。
- 以1986-2005年作参考时段，情景数据划分为1986-2005年(参考阶段)、2006-2030年(2030s)、2031-2050年(2050s)和2051-2100年(2100s)四个时段。

	CMIP5模式名称	所属机构	所属国家	分辨率 (行*列)
1	BCC-CSM1-1	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	中国	64*128
2	<b>CanESM2</b>	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis	加拿大	64*128
3	CCSM4	NCAR Climate Community System Model	美国	192*288
4	CSIRO-MK3-6-0	Research Organization/ Queensland Climate Change Centre of Excellence (CSIRO-QCCCE)	澳大利亚	96*192
5	<b>HadGEM2-ES</b>	Met Office Hadley Centre	英国	192*145
6	<b>IPSL-CM5A-MR</b>	Institute Pierre-Simon Laplace	法国	143*144
7	<b>GFDL-ESM2G</b>	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, NOAA	美国	90*144
8	<b>GFDL-ESM2M</b>	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, NOAA	美国	90*144
9	<b>GFDL-CM3</b>	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, NOAA	美国	90*144
10	MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	日本	128*256
11	MIROC-ESM	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	日本	64*128
12	<b>MIROC-ESM-CHEM</b>	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	日本	64*128
13	MPI-ESM-MR	Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M)	德国	96*192
14	MPI-ESM-LR	Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M)	德国	96*192
15	MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute	日本	160*320
16	<b>NorESM1-M</b>	Norwegian Climate Centre (NCC)	挪威	96*144

# 中国气候变化预估：1.5°C和2°C升温阈值出现的时间



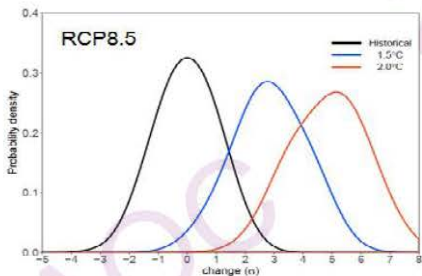
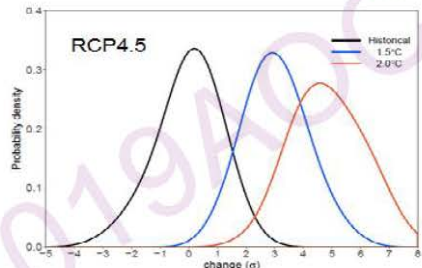
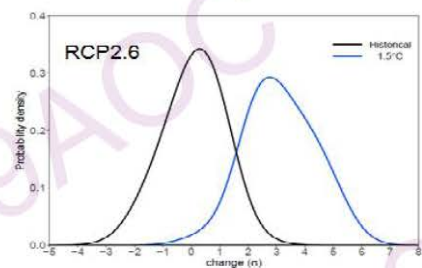
多模式集合平均预估结果为RCP2.6、RCP4.5和RCP8.5情景下全球升温超过工业化革命前(1861-1990)1.5°C的时间分别为：**2029年、2028年和2025年**，RCP4.5、RCP8.5情景下超过2°C的时间分别为**2048年和2040年**。

三种典型浓度路径情景下全球平均温度相对于参考时段(1861-1890)的时间序列

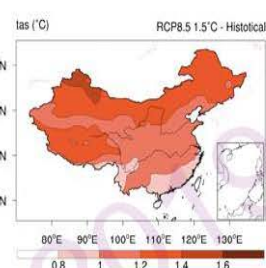
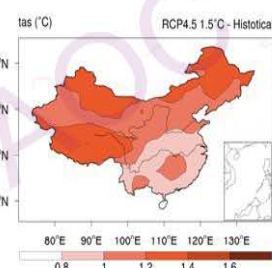
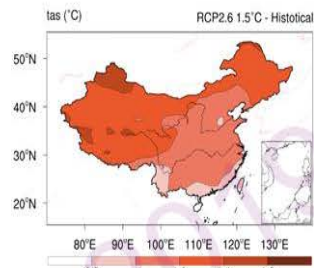
彩色实线：不同模式的变化曲线

黑色粗实线：多模式集合平均结果

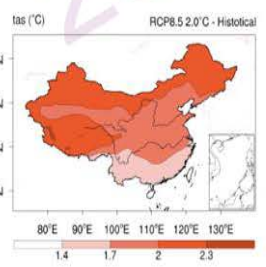
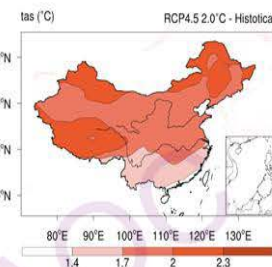
# 1.5°C和2°C升温阈值下中国年平均温度变化的预估及其差异



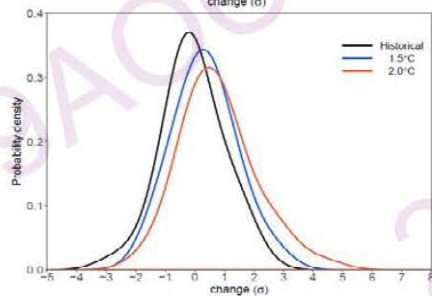
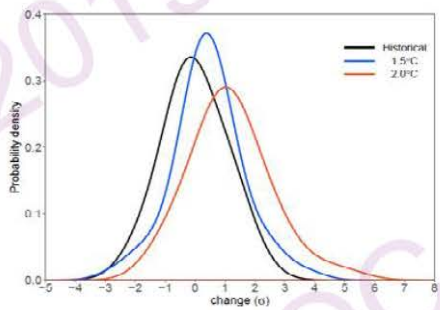
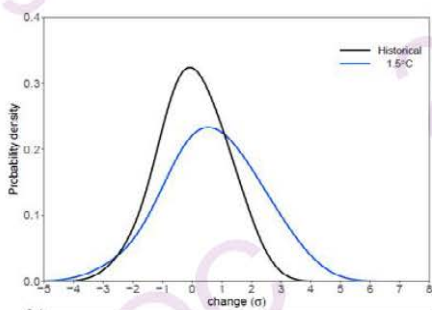
中国年平均温度变化的概率密度分布



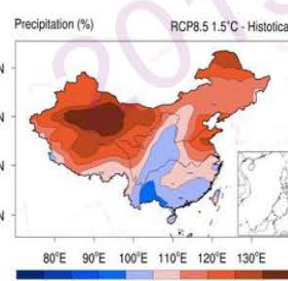
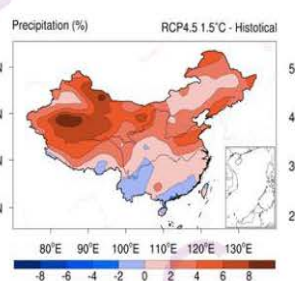
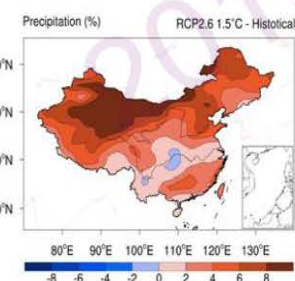
RCPs下1.5°C (上) 和 2°C (下) 升温阈值时多模式集合平均预估的中国年平均温度变化相对于参考时段 (1986-2005年) 的空间分布



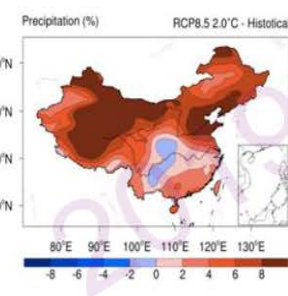
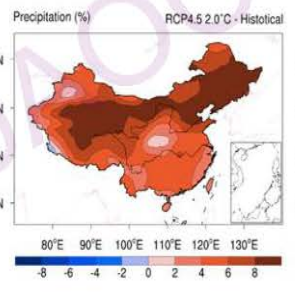
# 1.5°C和2°C升温阈值下中国年平均降水变化的预估及其差异



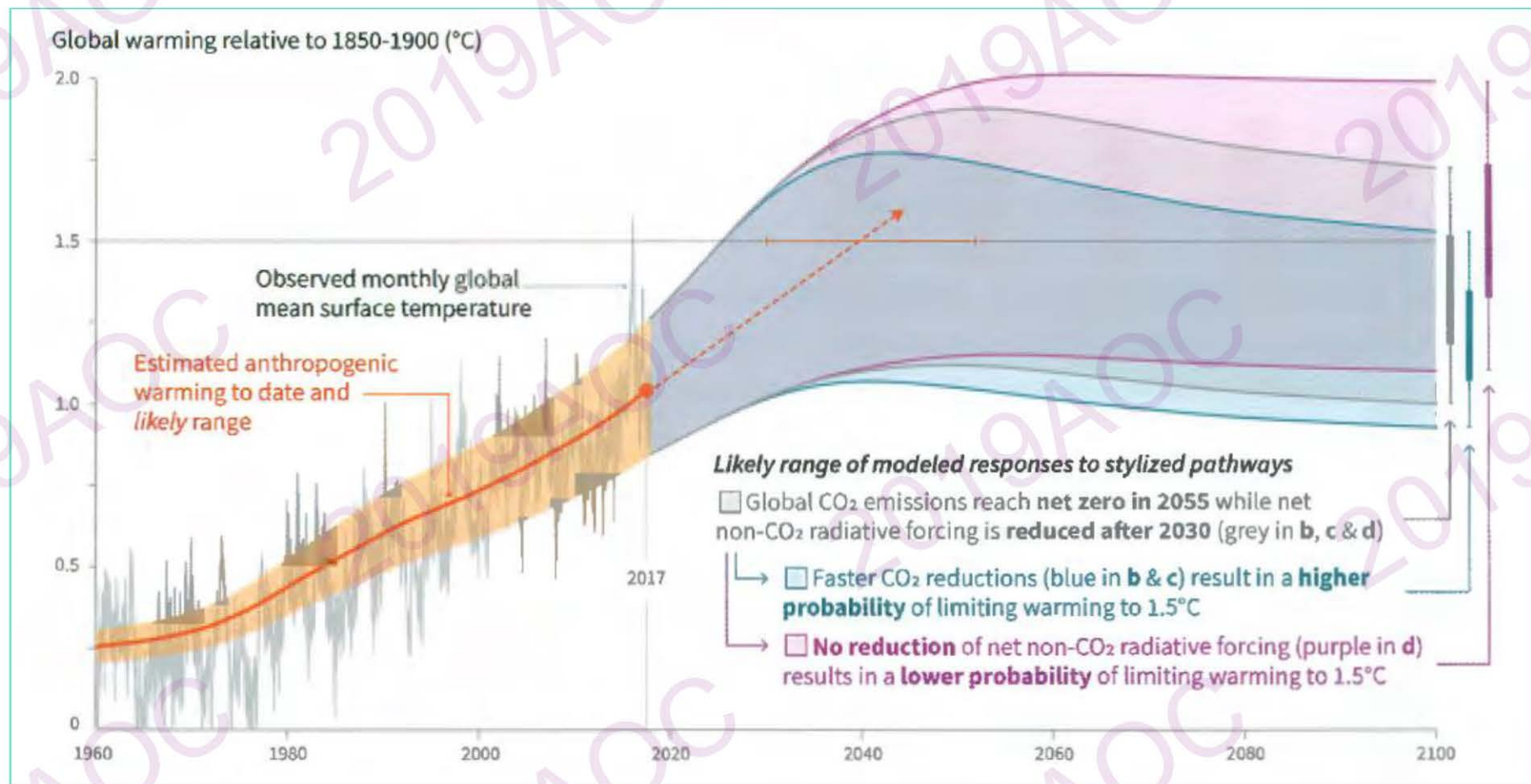
中国年平均降水变化的概率密度分布



RCPs下1.5°C(上)和2°C(下) 升温阈值时多模式集合平均预估的中国年平均降水变化相对于参考时段 (1986-2005年) 的空间分布



## 全球CO<sub>2</sub>累积排放和未来非CO<sub>2</sub>辐射强迫决定1.5°C温升限制可能性



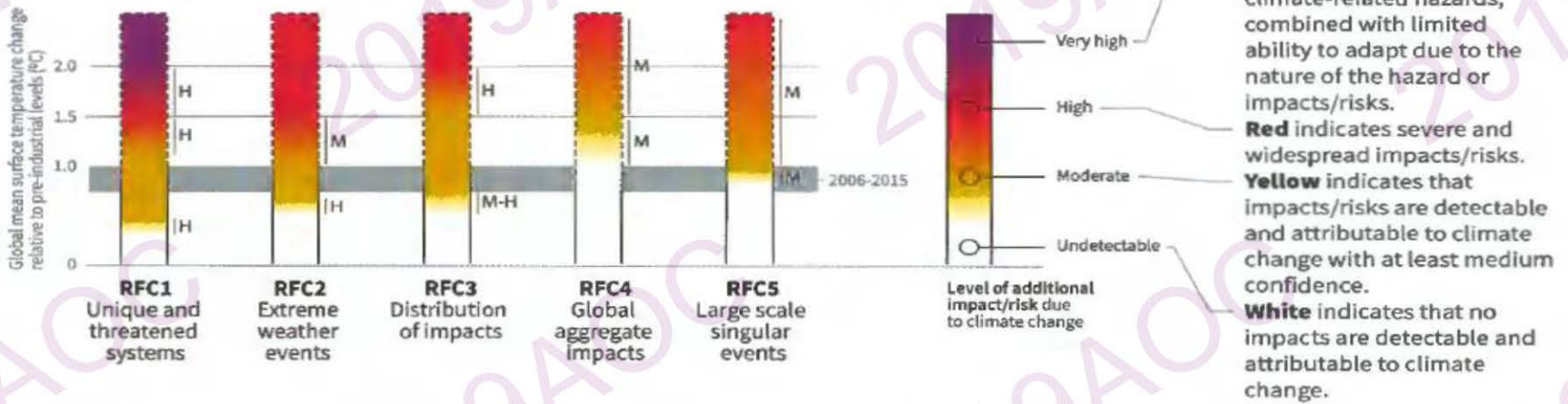
全球温度变化的观测及其对不同排放和强迫途径的响应



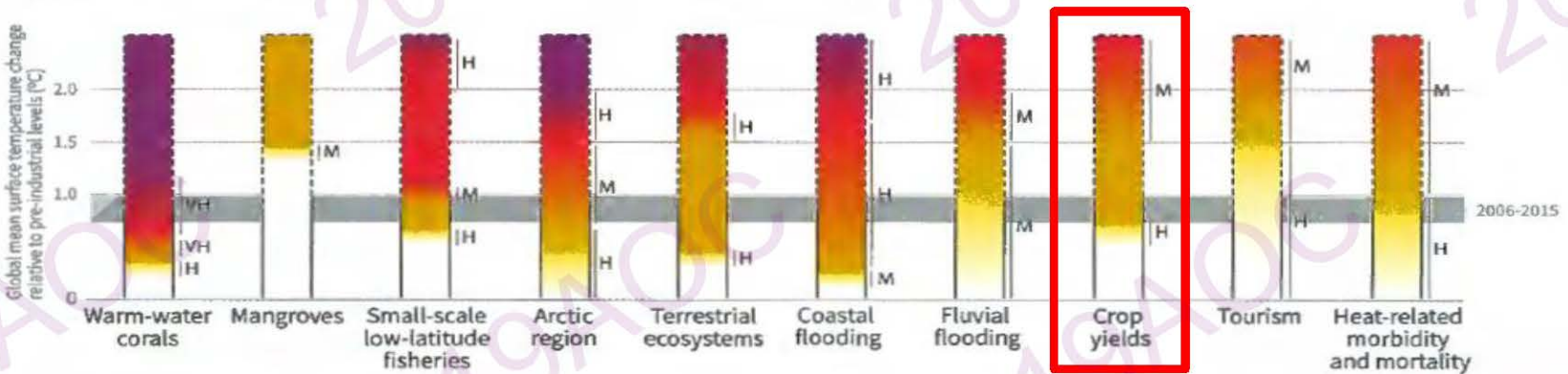
# 全球增暖水平如何增强影响/风险: 关注理由 (RFCs) 和选取的自然、管理和人类系统

Five Reasons For Concern (RFCs) illustrate the impacts and risks of different levels of global warming for people, economies and ecosystems across sectors and regions.

## Impacts and risks associated with the Reasons for Concern (RFCs)



## Impacts and risks for selected natural, managed and human systems



Source: IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C



- 本报告针对我国主要粮食作物(玉米、水稻和小麦)生产的中长期需求，重点介绍四方面内容：
  - 气候变化对**农业气候资源**的影响
  - 气候变化对**种植分布**的影响与风险
  - 气候变化对**农业气象灾害**的影响与风险
  - 气候变化对**气象产量灾损**的影响与风险





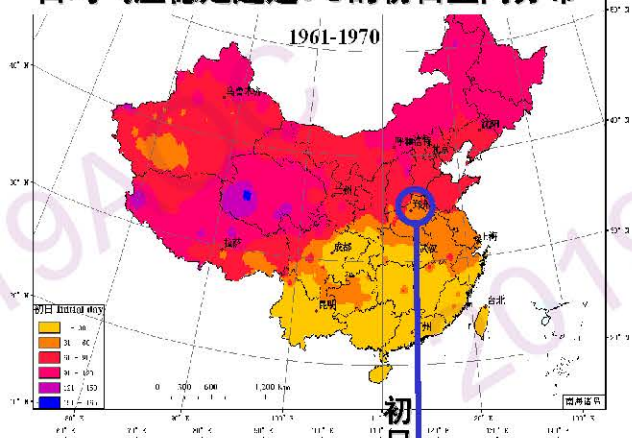
中国气象科学研究院

## 二、影响与风险：农业气候资源

### 农业气候资源：1961-2010年

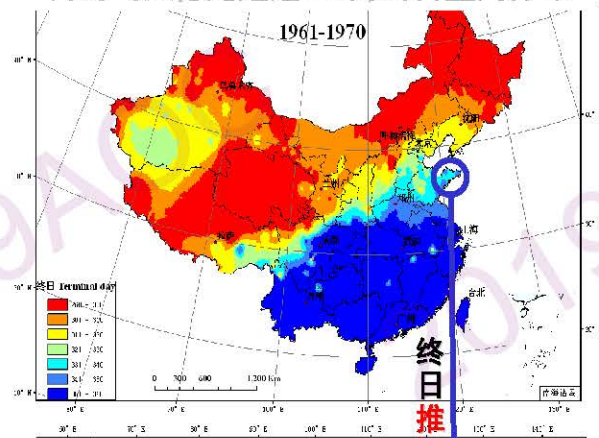
**初日**：80%保证率下我国日均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的初日呈不同程度的提前趋势。

日均气温稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 的初日空间分布



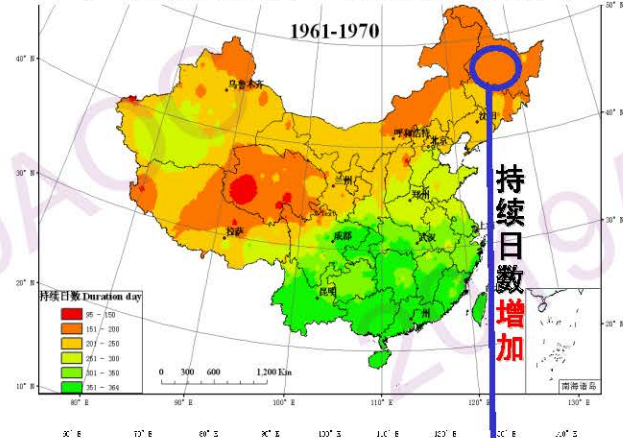
**终日**：80%保证率下我国日均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的终日呈不同程度的推迟趋势。

日均气温稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 的终日空间分布



**持续日数**：80%保证率下日均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数呈不同程度的增加趋势。

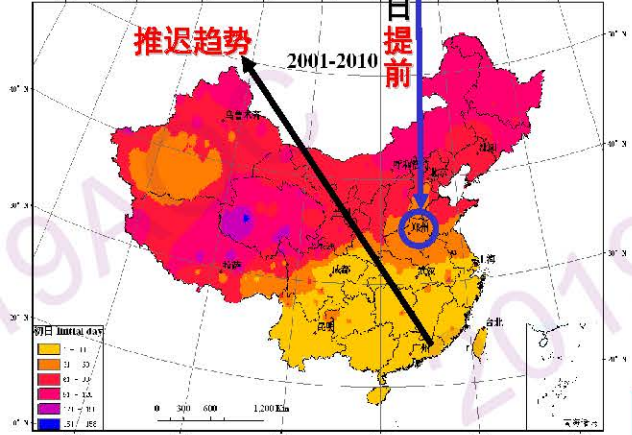
日均气温稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 的持续日数分布



推迟趋势

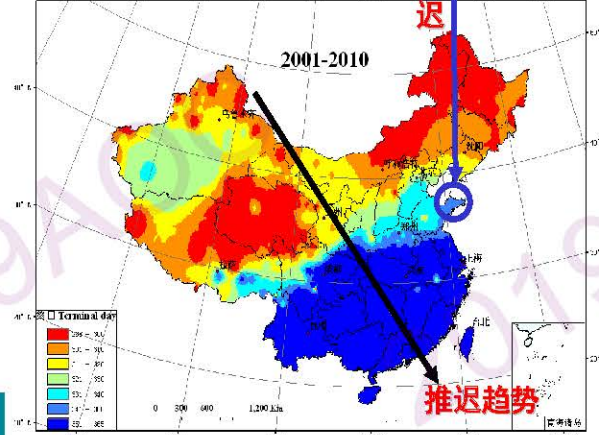
2001-2010

初日提前

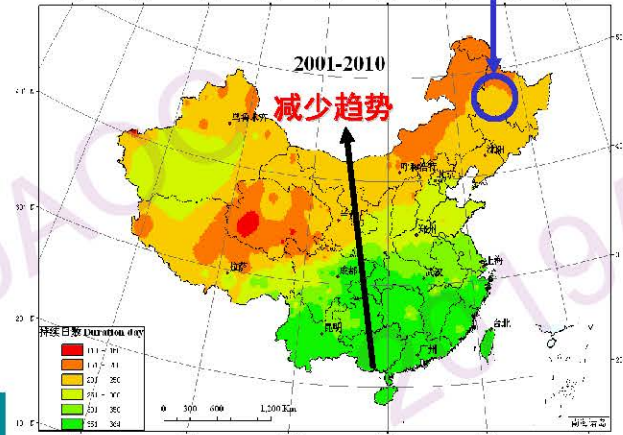


推迟趋势

2001-2010



减少趋势



**降水量：80%保证率下**  
我国日均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的降水量**没有明显变化趋势。**

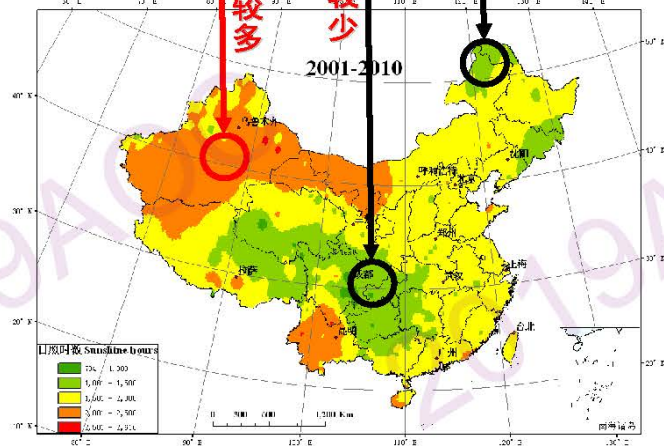
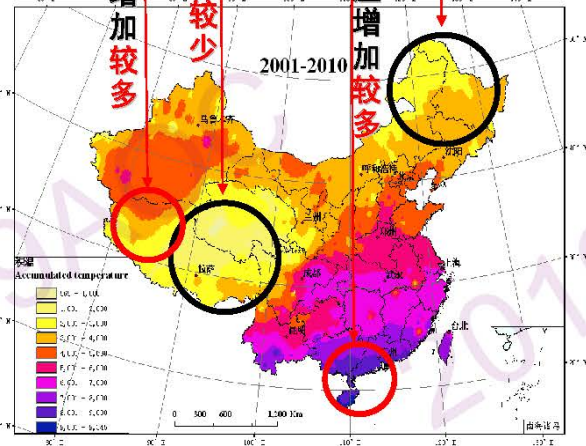
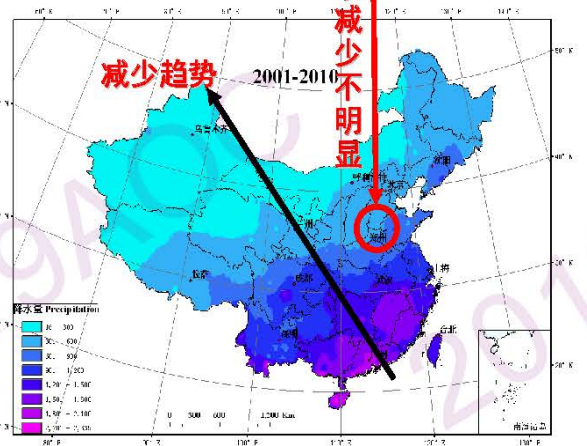
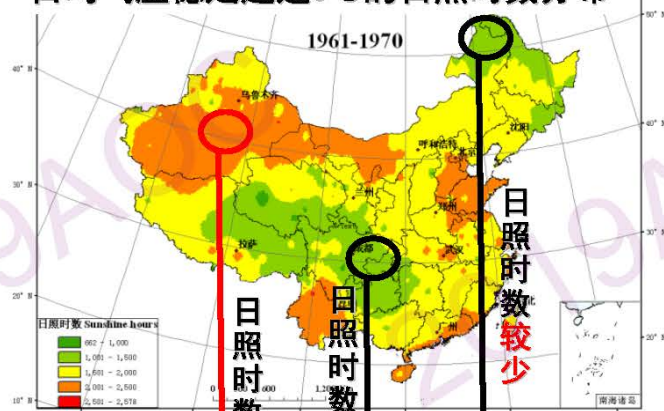
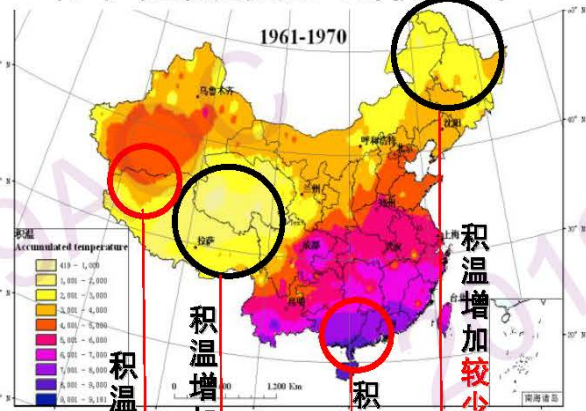
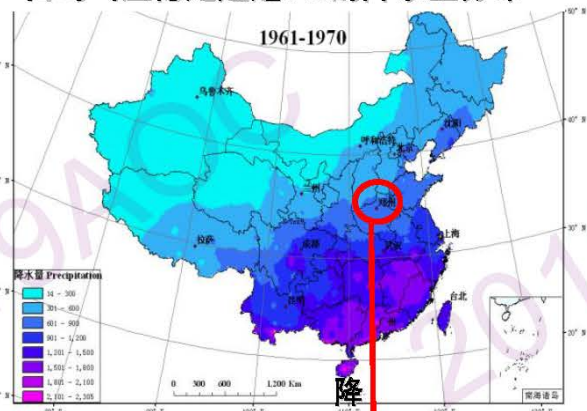
**积温：80%保证率下**  
我国日均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温**明显增加。**

**日照时数：80%保证率下**  
我国日均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日照时数**明显减少。**

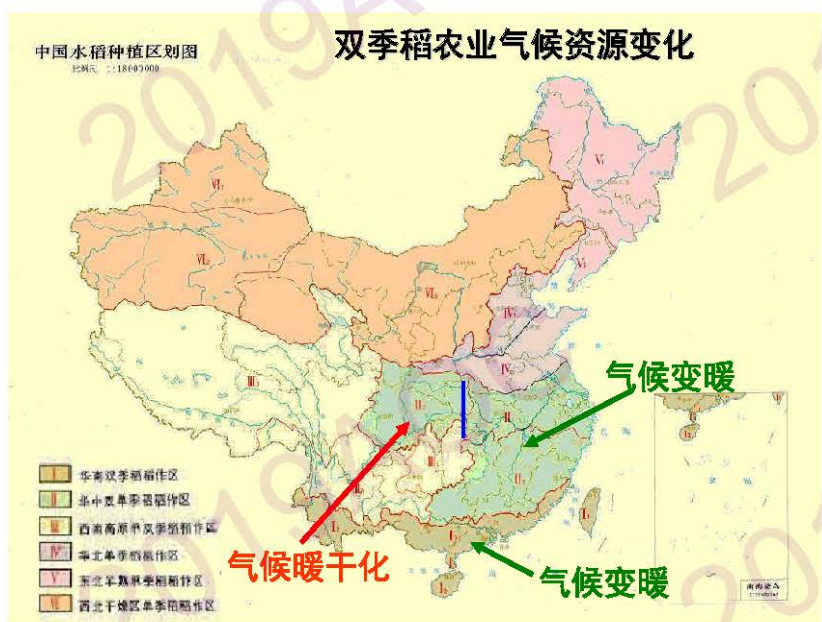
日均气温稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 的降水量分布

日均气温稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 的积温分布

日均气温稳定通过 $0^{\circ}\text{C}$ 的日照时数分布



# 作物种植区农业气候资源变化



# 作物种植区农业气候资源变化的产量效应

1961~2010年全国冬小麦单产和生育期内气象要素的线性回归系数及气象要素变化对全国冬小麦单产的实际影响

气象要素	线性回归系数		单产的相对变化 (%)		单产的实际变化 (kg/hm <sup>2</sup> )	
	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间
平均气温	-2.5%/°C	-5.8~0.7%/°C	-5.8	-13.1~1.6	-138.5	-316.5~39.5
气温日较差	3.9%/°C	-1.4~9.2%/°C	-2.9	-7.0~1.1	-70.8	-167.2~25.6
降水量	7.5%/100mm	3.4~11.6%/100mm	1.6	0.7~2.4	37.3	16.8~57.8

1961~2010年全国玉米单产和生育期内气象要素的线性回归系数及气象要素变化对全国冬小麦单产的实际影响

气象要素	线性回归系数		单产的相对变化 (%)		单产的实际变化 (kg/hm <sup>2</sup> )	
	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间
平均气温	-3.8%/°C	-7.4~0.2%/°C	-3.4	-6.5~-0.2	-114.0	-220.7~-7.2
气温日较差	-0.8%/°C	-7.3~5.6%/°C	0.6	-4.0~5.2	20.3	135.8~176.4
降水量	5.5%/100mm	1.0~10.0%/100mm	0	-0.1~0	-0.9	-1.7~-0.2

1961~2010年全国单季稻单产和生育期内气象要素的线性回归系数及气象要素变化对全国冬小麦单产的实际影响

气象要素	线性回归系数		单产的相对变化 (%)		单产的实际变化 (kg/hm <sup>2</sup> )	
	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间
平均气温	4.6%/°C	0.1~9.2%/°C	11.0	0.3~26.5	618.2	12~1223
气温日较差	2.5%/°C	-5.6~10.7%/°C	-3.0	-15.5~-8.1	-170.0	-716~376
降水量	5.8%/100mm	0.6~11.0%/100mm	6.2	0.8~14.3	348.4	36~660

1961~2010年全国双季稻单产和生育期内气象要素的线性回归系数及气象要素变化对全国冬小麦单产的实际影响

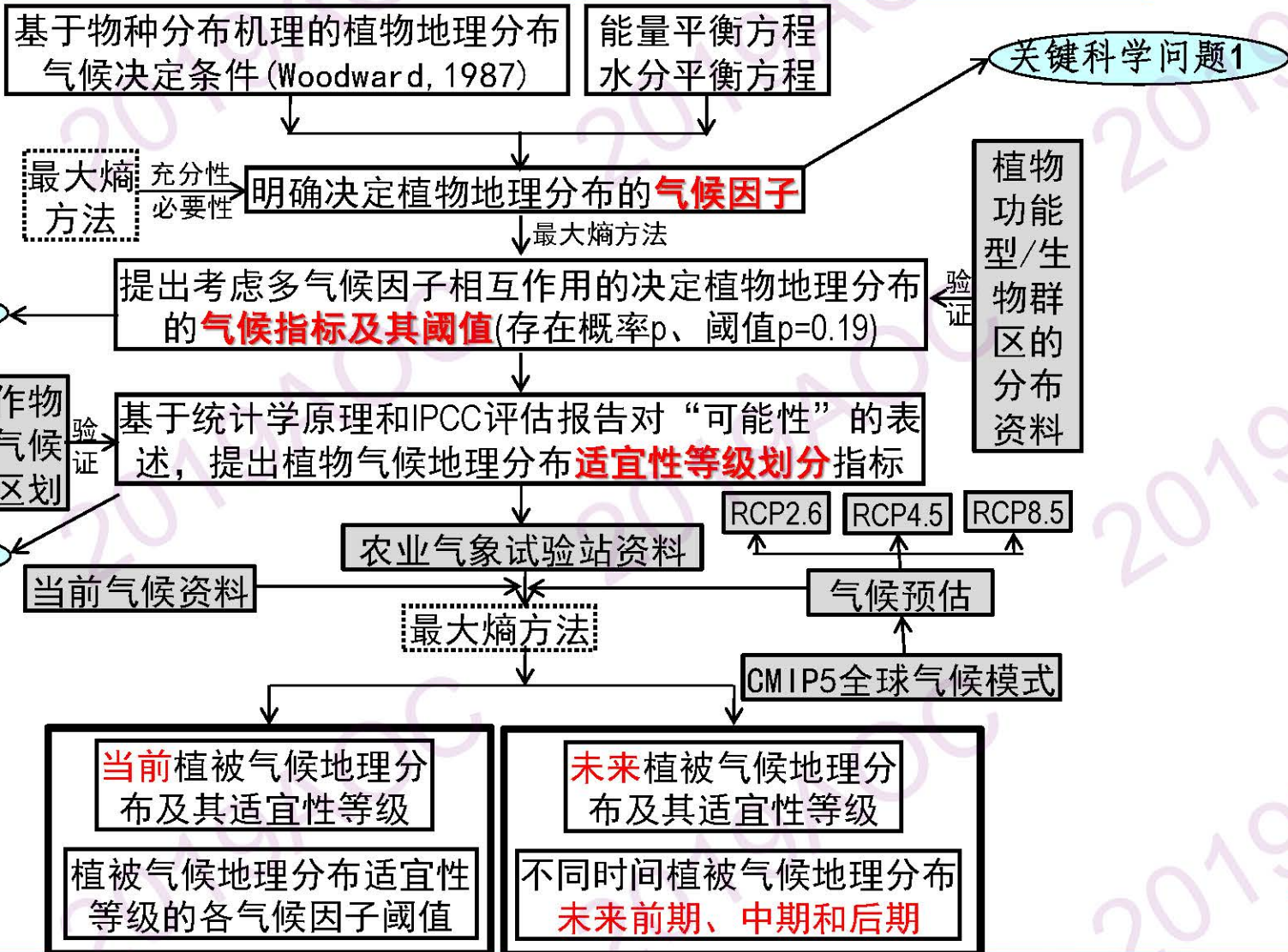
气象要素	线性回归系数		单产的相对变化 (%)		单产的实际变化 (kg/hm <sup>2</sup> )	
	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间	平均	95.0%的置信区间
平均气温	-2.8%/°C	-0.6~0.5%/°C	-1.9	-4.2~0.4	-90.2	-197.7~17.3
气温日较差	5.4%/°C	0.3~10.5%/°C	-2.0	-3.8~-0.1	-93.0	-5.5~-180.4
降水量	0.4/100mm	-1.1~1.9%/100mm	0	-0.02~0.01	-0.2	-0.7~0.4



## 二、影响与风险：作物种植分布

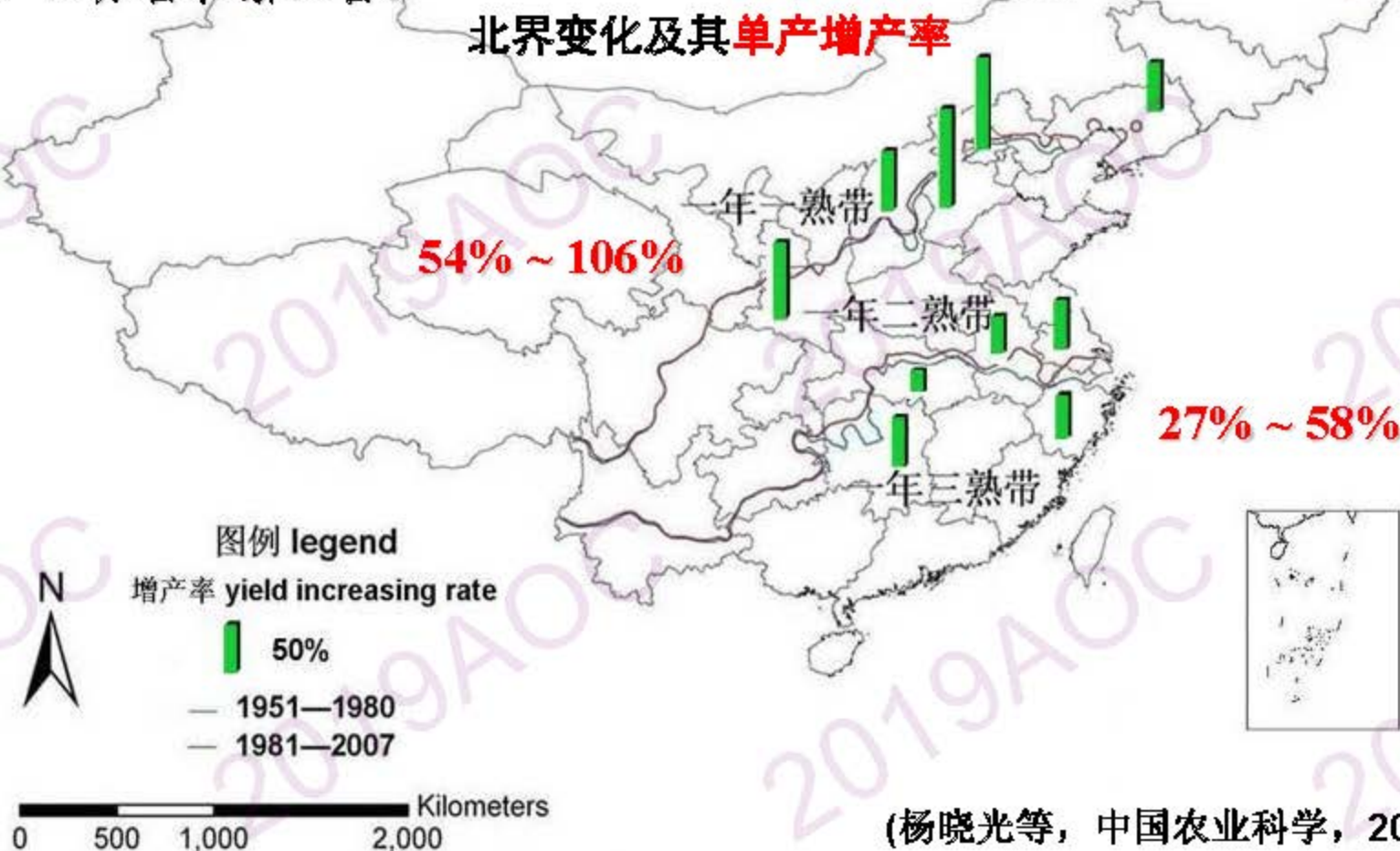


中国气象科学研究院



# 1. 种植制度变化及其产量效应

- 相比1950s~1980年，1981-2007年我国一年两熟制、一年三熟制作物种植北界均不同程度北移。其中，一年两熟北界位移最大省(市)有陕西东部、山西、河北、北京和辽宁，一年三熟北界位移最大省份有湖北省、安徽省、江苏省和浙江省。



(杨晓光等, 中国农业科学, 2010)



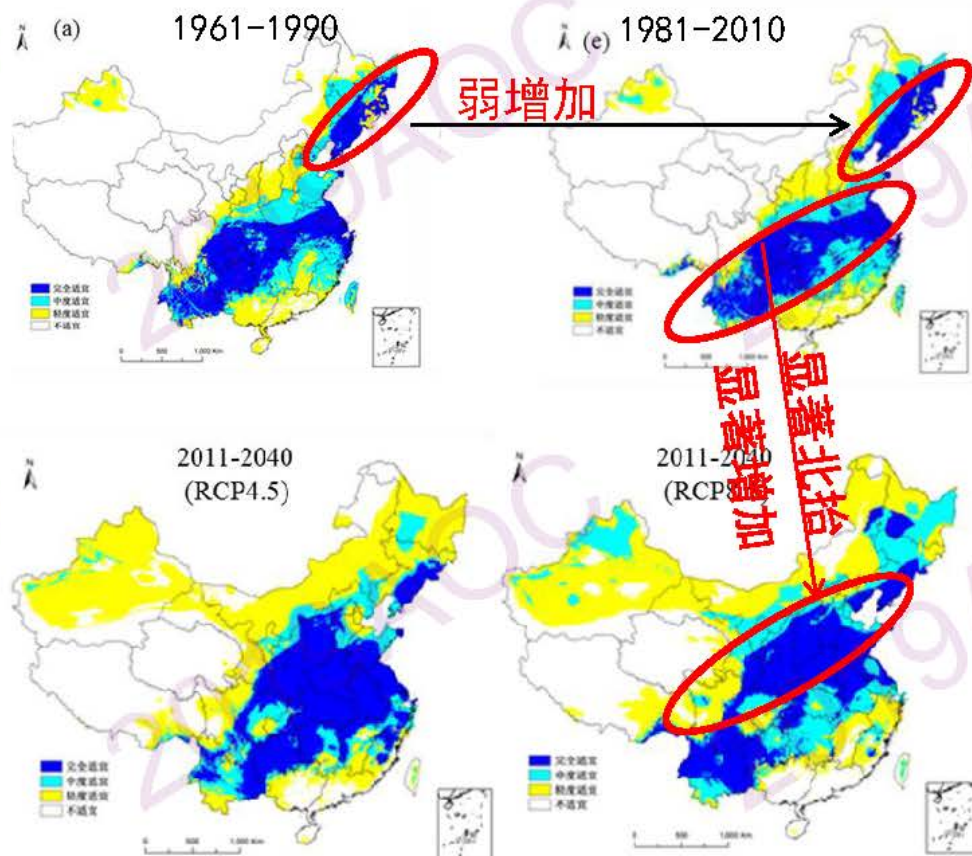
## 2.作物种植分布：单季稻

### □ 影响

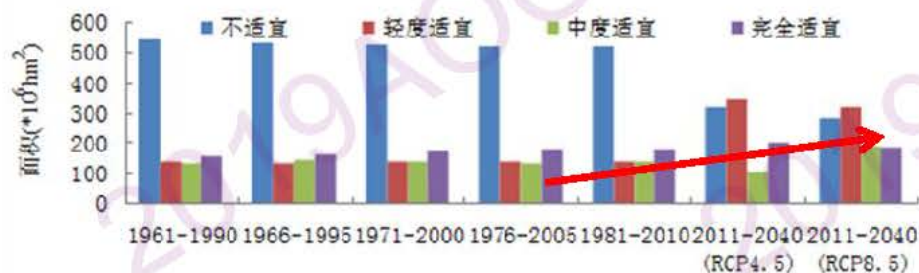
- 1966-2010年单季稻的完全适宜种植区范围呈逐时段**小范围增加**趋势，**东北地区增加相对明显**。

### □ 未来

- 2011-2040年单季稻种植的气候轻度适宜区和完全适宜区面积**显著增加**；
- 特别是，长江流域的气候完全适宜区**有北抬趋势**。



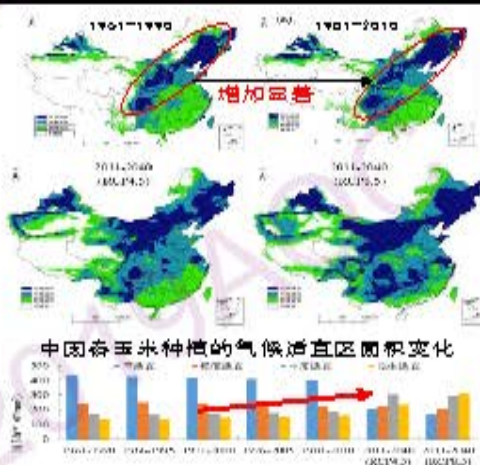
中国单季稻种植的气候适宜区面积变化



## 2. 作物种植分布：春玉米

### 影响

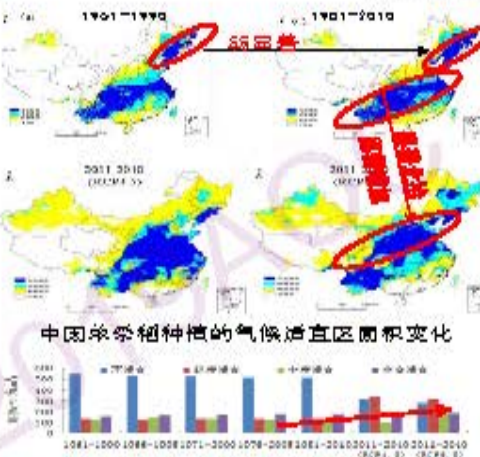
- 气候完全、中度适宜种植区**明显增加趋势**。
- 可种植**北界北抬**，1981-2010年北界已由49° N北移到51° N，最北点维持在53° N附近。
- 未来
- RCP8.5情景下，2011-2040年中国春玉米**已经不存在种植北界**。
- 未来气候变化对春玉米适宜种植面积扩大有着积极的作用。



## 2. 作物种植分布：单季稻

### 影响

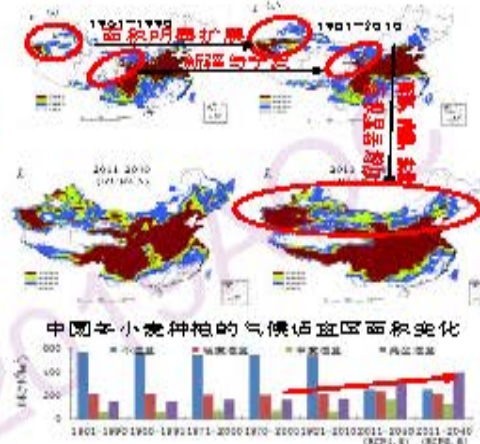
- 1966-2010年单季稻的气候适宜种植区范围呈**时段小范围增加趋势**，**东北地区增加相对明显**。
- 未来
- 2011-2040年单季稻种植的气候适宜区和完全适宜区面积**显著增加**；
- 特别是，长江流域的气候适宜区有**北抬趋势**。



## 2. 作物种植分布：冬小麦

### 影响

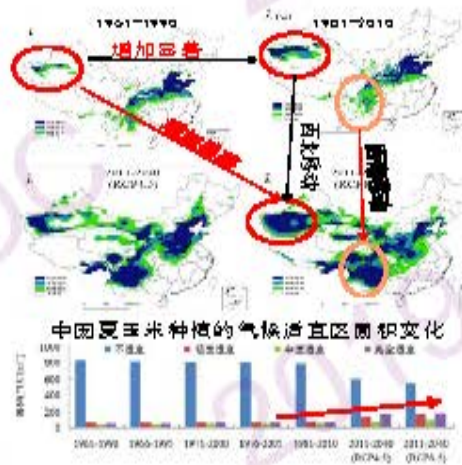
- 1961-2010年冬小麦气候完全适宜区面积**明显得到扩展**，并**反映在新疆地区从1971年起**、**宁夏地区自1976年起**，气候完全适宜区面积的**明显扩展**。
- 未来
- 2011-2040年冬小麦种植的气候完全适宜区面积呈**显著增加趋势**，增加区域主要在中国**西部、内蒙和东北地区**。



## 2. 作物种植分布：夏玉米

### 影响

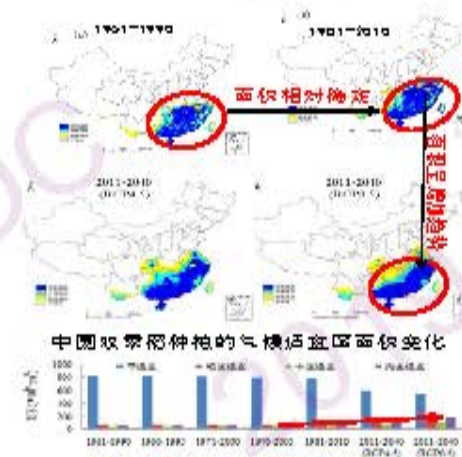
- 各等级的气候适宜种植区呈**弱增加趋势**。
- 特别是，新疆地区夏玉米种植面积**增加显著**。
- 未来
- 2011-2040年，夏玉米种植的气候适宜区面积**增加显著**，空间上呈现**向西向和西北移动趋势**，尤其**是西向和新疆西部增加明显**。



## 2. 作物种植分布：双季稻

### 影响

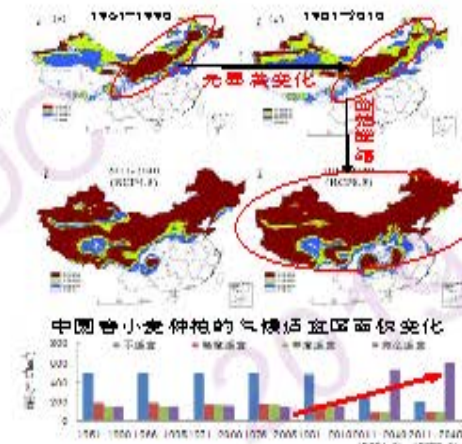
- 1961-2010年双季稻种植的气候适宜性在空间上分布**相对稳定**，**无明显变化**。
- 未来
- 2011-2040年双季稻种植的气候完全适宜区面积呈**增加趋势**，主要体现在**湖北和湖南的交界地带**。



## 2. 作物种植分布：春小麦

### 影响

- 1961-2010年春小麦气候适宜性空间上**无明显变化**。
- 未来
- 2011-2040年，春小麦种植的气候完全适宜区面积**成倍增加**，**气候适宜程度显著增大**。
- 未来种植区增加主要表现为北方的**绝大部分地区均成为春小麦潜在种植的气候适宜区**。





# 主要结论



中国气象科学研究院

- 玉米：气候变化对春玉米与夏玉米适宜种植面积扩大有着积极的作用，春玉米可种植北界 ( $p \geq 0.05$ ) 逐年北抬，最北界已达  $53^\circ \text{N}$  附近。
- 水稻：未来气候变化对单季稻与双季稻适宜种植面积扩大有着积极的作用，东北地区相对明显，单季稻可种植北界 ( $p \geq 0.05$ ) 有明显的北抬趋势。
- 小麦：气候变化对冬小麦适宜种植面积扩大有促进作用，气候适宜面积的增加主要表现在中国西部、内蒙和东北地区。近50年来，春小麦种植的气候适宜范围变化不显著，但气候变化将对冬小麦种植的气候适宜区剧增，主要表现为北方的绝大部分地区均是春小麦潜在种植的完全适宜区。



# 二、影响与风险：农业气象灾害

## 灾害辨识流程



涝渍：冬小麦涝渍等级界定标准(QX/T 107 - 2009)

适用：秦岭-淮河沿线及其以南

高温热害：早稻、一季稻抽穗开花期高温热害等级界定标准(王春乙等, 2010)

低温冷害：早稻播种育秧期低温阴雨等级界定标准(QX/T 98 - 2008) 适用：南方地区

双季晚稻抽穗开花期寒露风等级界定标准(QX/T 94 - 2008)

一季稻延迟型冷害等级界定标准(QX/T 101 - 2009) 适用：东北地区

春玉米延迟型冷害等级界定标准(QX/T 101 - 2009) 适用：东北地区

霜冻害：冬小麦和春玉米霜冻害等级界定标准(QX/T 88 - 2008)

关键科学问题：不同作物、不同生育期、不同灾害等级的发生频率的时空格局

# 中国主要农业气象灾害变化态势

灾害	区域	发育期	1961-2012			1981-2010				
			总过程	轻	中	重	总过程	轻	中	重
涝渍	长江中下游冬小麦	苗期	-				+			
		拔节期	-		+		-			
		孕穗期	-				+	+	+	
		抽穗灌浆期	-				+			+
高温 热害	长江中下游一季稻	抽穗开花期	-	+			+	+	+	+
	长江中下游早稻	抽穗开花期	+	+	+		+	+	+	+
	华南早稻	抽穗开花期	+	+	+		+	+	+	+
低温 冷害	长江中下游早稻	播种育秧期	-				+	+		
	华南早稻	播种育秧期	+	+						
寒露 风	长江中下游晚稻	抽穗开花期	-	+						
	华南早稻	抽穗开花期	-							
冷害	东北一季稻	5至9月	-							
	东北春玉米	5至9月	-							
霜冻 害	黄淮海冬小麦	苗期	-							
	长江中下游冬小麦	苗期	-							
		开花期	-							
	东北春玉米	苗期	-							
		乳熟期	-							



# 主要结论



中国气象科学研究院

- ❑ 1961-2012年，长江中下游冬小麦主要发育期**涝渍**减少，但拔节期中度涝渍有所增加；近30年(1981-2010)，苗期轻度涝渍、孕穗期和抽穗灌浆期涝渍均有所增加。
- ❑ 1961-2012年，长江中下游一季稻**高温热害**有所减少，长江中下游和华南早稻高温热害有所增加；近30年，长江中下游一季稻和早稻、华南早稻高温热害均增加。
- ❑ 1961-2012年，长江中下游早稻**低温**阴雨减少，华南早稻低温阴雨有所增加；近30年，长江中下游早稻低温阴雨有所增加，而华南早稻低温阴雨有所减少。
- ❑ 长江中下游和华南**寒露风**、东北一季稻和春玉米冷害、黄淮海、长江中下游冬小麦及东北春玉米霜冻害均呈减少态势。

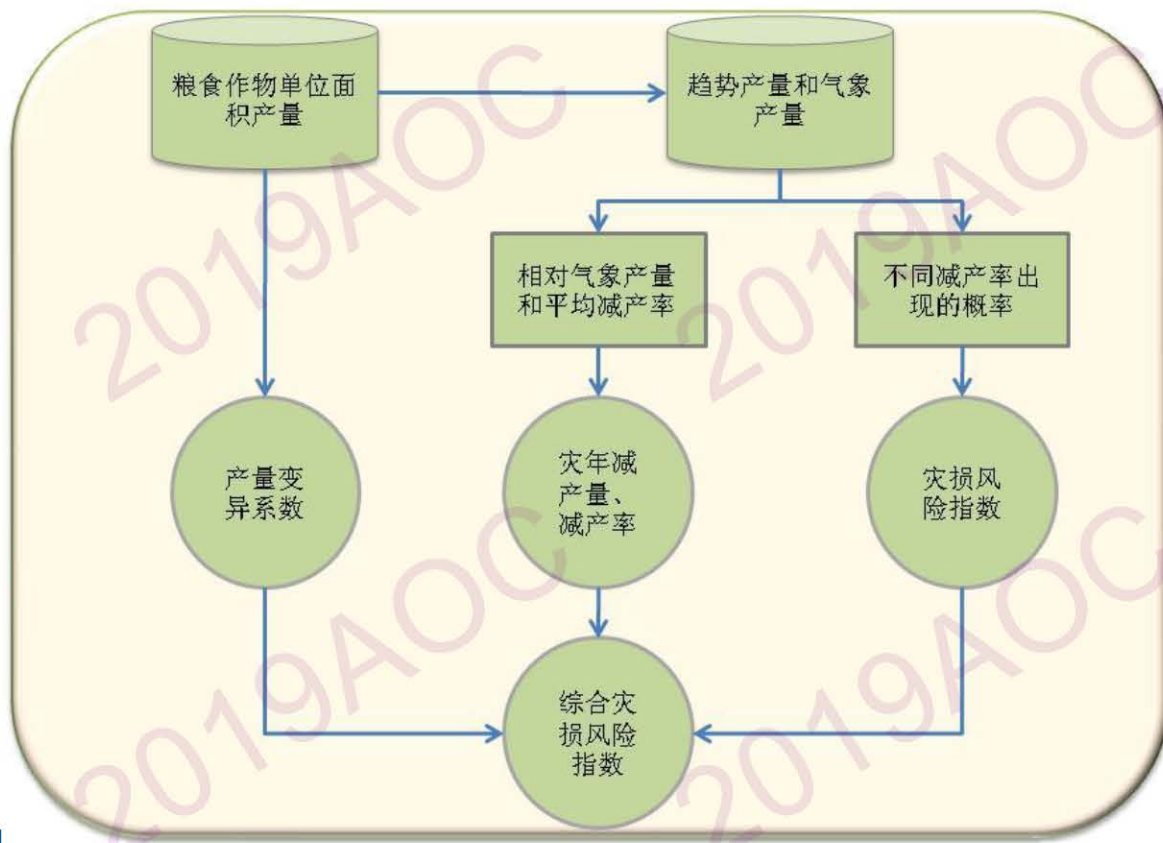


## 二、影响与风险：气象产量灾损

### 1. 气象产量灾损

- 基本思路：作物产量分解→趋势产量和气象产量→计算产量变异系数→计算相对气象产量、减产量和减产率→灾损风险指数→灾损综合风险。

技术路线



# 主要结论：气象产量灾损评估

- 趋势产量：1961-2012年作物趋势产量呈**增加趋势**，水稻**最高**，其次为玉米和冬小麦。玉米和冬小麦的趋势产量**增加显著**，水稻(晚稻)增加幅度较小。
- 气象产量：双季**晚稻**受气象条件影响最大(420 kg/ha)、冬小麦最小(140 kg/ha)。气象产量占趋势产量比例6.1%~10.5%。

## 1981-2012年作物趋势产量及其变化

	玉米	冬小麦	一季稻	早稻	晚稻
平均趋势产量(kg/ha)	4296	3237	6399	5299	4990
增长幅度(%)	96.7	94	57	51	19.6
年增长量(kg·ha <sup>-1</sup> ·y <sup>-1</sup> )	86.9	63.5	86.7	61	30.8

## 1981-2012年气象产量、波动幅度及与趋势产量的最大比例

	玉米	冬小麦	一季稻	早稻	晚稻
气象产量波动幅度(kg/ha)	-334 ~ 319	-140 ~ 238	-382 ~ 515	-309 ~ 323	-420 ~ 363
气象产量占趋势产量最大比例(%)	9.2	7.1	7.7	6.1	10.5



- **灾年减产率**：主要作物的灾年平均气象减产率2.1%~3.2%，其中**晚稻最大(3.2%)**；作物灾年最大气象减产率5.9%~10.5%，其中**晚稻最大(10.5%)**。
- **产量变异系数**：全国平均的作物产量**变异系数较小(0.1~0.186)**，表明全国范围内作物产量较为稳定，但**各省的作物产量变异系数较大(0.08~0.56)**。总体表现为：南方玉米、北方水稻和西北冬小麦的产量变异系数较大，存在较大灾损风险。

1981-2012年全国主要粮食作物的灾年平均减产率和最大减产率

	玉米	冬小麦	一季稻	早稻	晚稻
灾年平均减产率(%)	2.5	2.3	2.2	2.1	3.2
灾年最大减产率 (%)	9.2	6.5	6.5	5.9	10.5

## □ 灾损风险指数/灾损综合风险指数

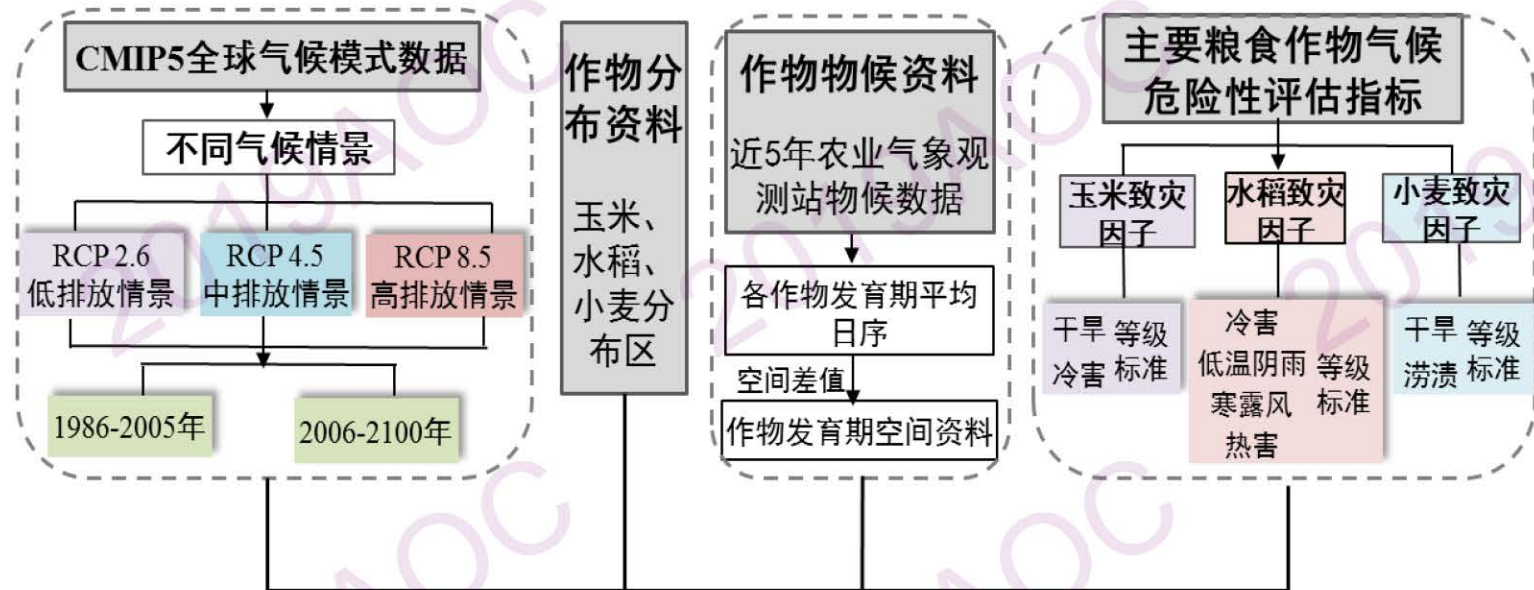
- 1981-2012年全国各地作物的丰歉相抵，灾损风险指数较低(0.026~0.031)，其中**晚稻灾损风险指数较大(0.031)**。
- 1981-2012年**各省**作物的灾损风险相对较高(0.03~0.25)，**灾损风险最大的区域作物为**：东北春玉米、江西和安徽的夏玉米、宁夏和甘肃的冬小麦、吉林和新疆的一季稻、安徽的早稻、云南的晚稻。

### 1981-2012年我国主要粮食作物的灾损风险指数

	春玉米	夏玉米	冬小麦	一季稻	早稻	晚稻
灾损风险区	黑龙江和辽宁	江西和安徽	宁夏和甘肃	吉林和新疆	安徽	云南

## 2.作物产量的气候危险性

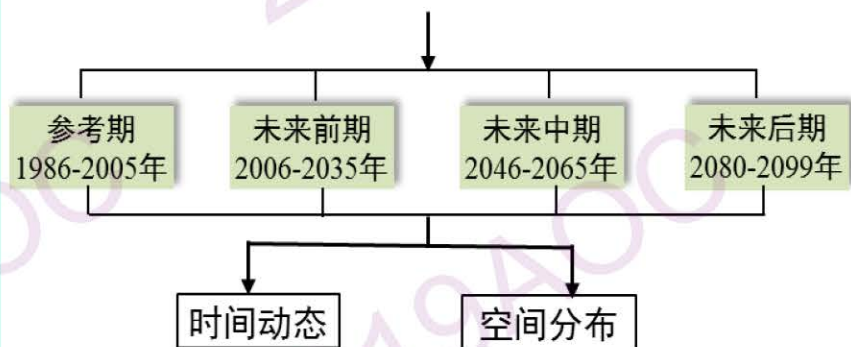
### 技术路线



### 作物产量气候危险性

- 不同作物：水稻、小麦、玉米
- 不同灾害：热害、干旱、涝渍、冷害、低温阴雨、寒露风
- 不同情景：RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5
- 关键时段：
  - 参考阶段（1986-2005年）
  - 前期（2016-2035年）
  - 中期（2046-2065年）
  - 后期（2080-2099年）

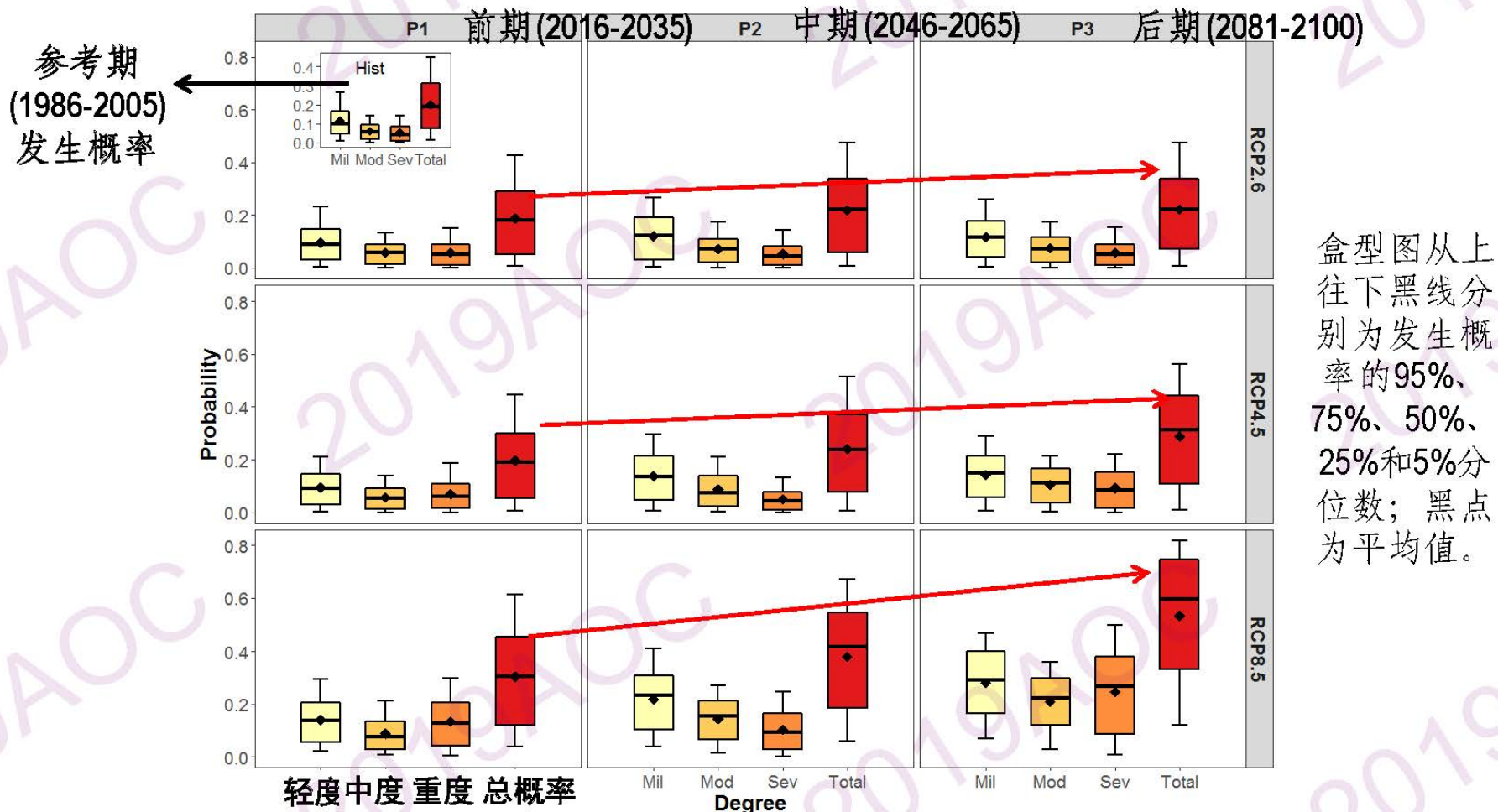
### 主要粮食作物生产的气候危险性



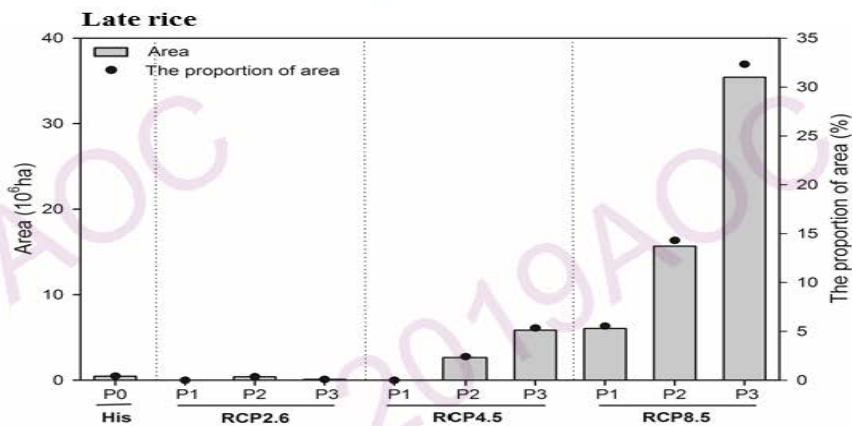
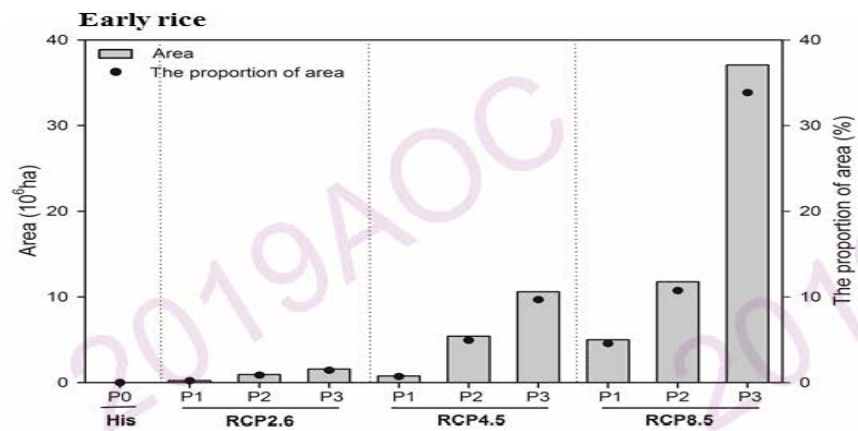
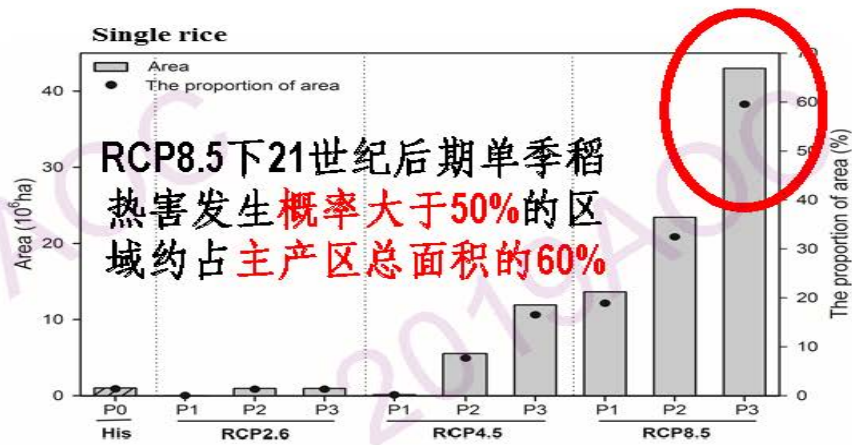
**关键科学问题：**不同时段、不同作物、不同生育期、不同农业气象灾害等级的发生概率及其面积分布

# (1) 水稻不同气象灾害减产率等级发生概率与面积

- 热害：主要发生在长江中下游地区和华南双季稻。RCP2.6、RCP4.5和RCP8.5下水稻热害发生概率随时间呈增加趋势，单季稻和早、晚稻发生概率分别为19%-53%(最大)、15%-43%和9%-31%。



不同情景下长江中下游地区单季稻的热害发生概率



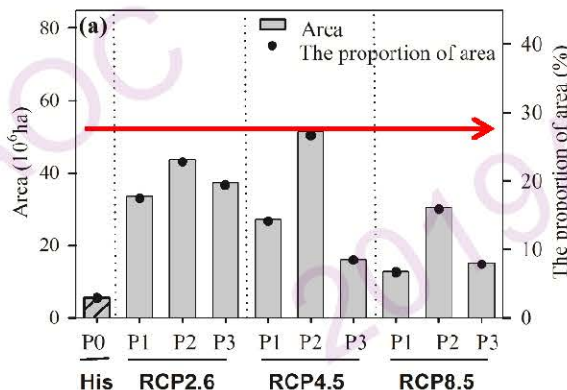
不同气候情景下单季稻、双季早稻和晚稻热害发生概率大于50%的面积和占主产区面积的百分比

- 水稻冷害(东北单季稻)和低温阴雨(长江中下游和华南早稻)的发生概率较小,分别为1-5%(冷害)和10-20%(低温阴雨),且水稻不同生育期在不同RCP情景下的灾害发生概率均呈减小趋势。
- RCP2.6、RCP4.5和RCP8.5下水稻在21世纪前期发生寒露风灾害(华南晚稻)的概率为30-50%,中期和后期发生寒露风灾害的范围减小。

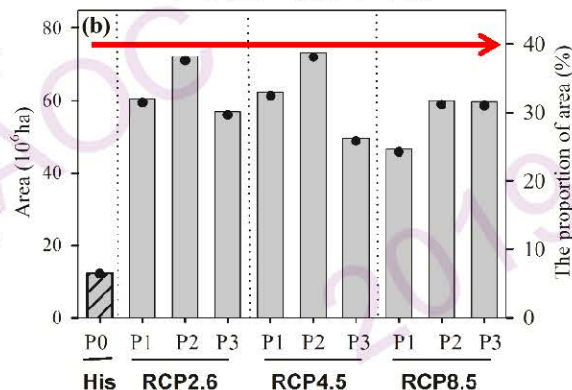
## (2)玉米

- **低温冷害**: 未来东北大部分区域的玉米低温冷害发生概率在5-10%, 以**轻度**为主。
- **干旱**: 春玉米各生育期干旱发生概率可高达50%以上。
- 发生概率大于50%的区域**较小**, 集中在宁夏、陕西北部 and 内蒙古南部小部分区域。
- 发生概率30%以上的区域占种植区总面积的**比重较大**。

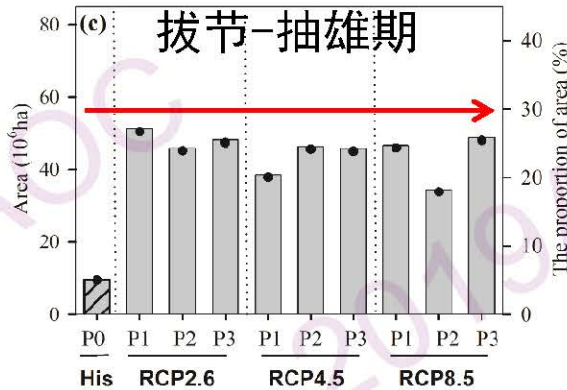
### 播种出苗期



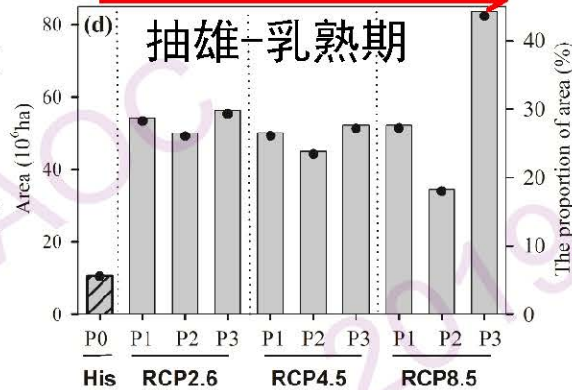
### 出苗-拔节期



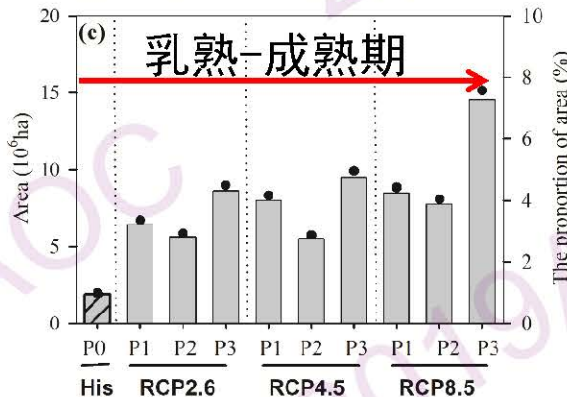
### 拔节-抽雄期



### 抽雄-乳熟期



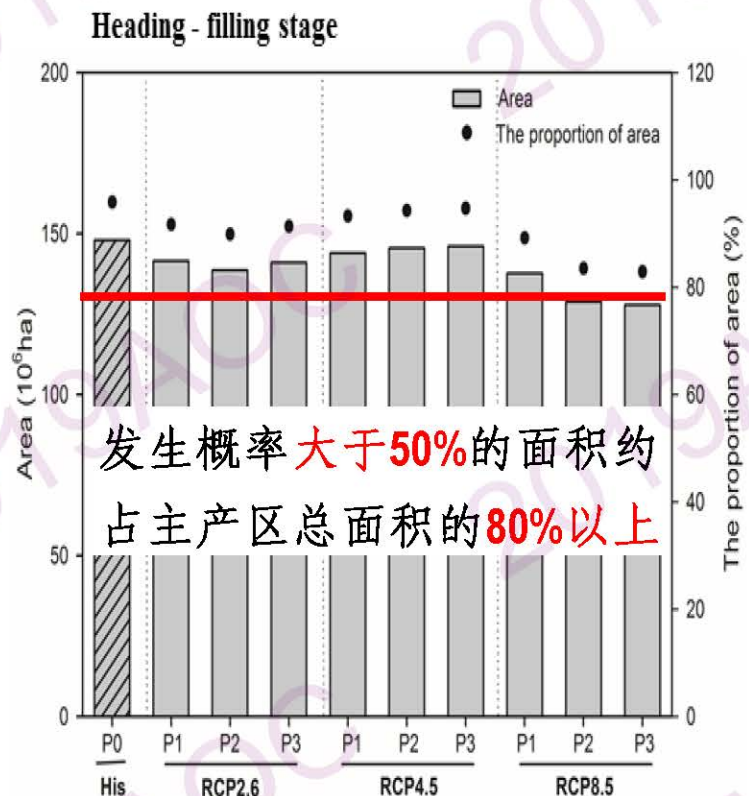
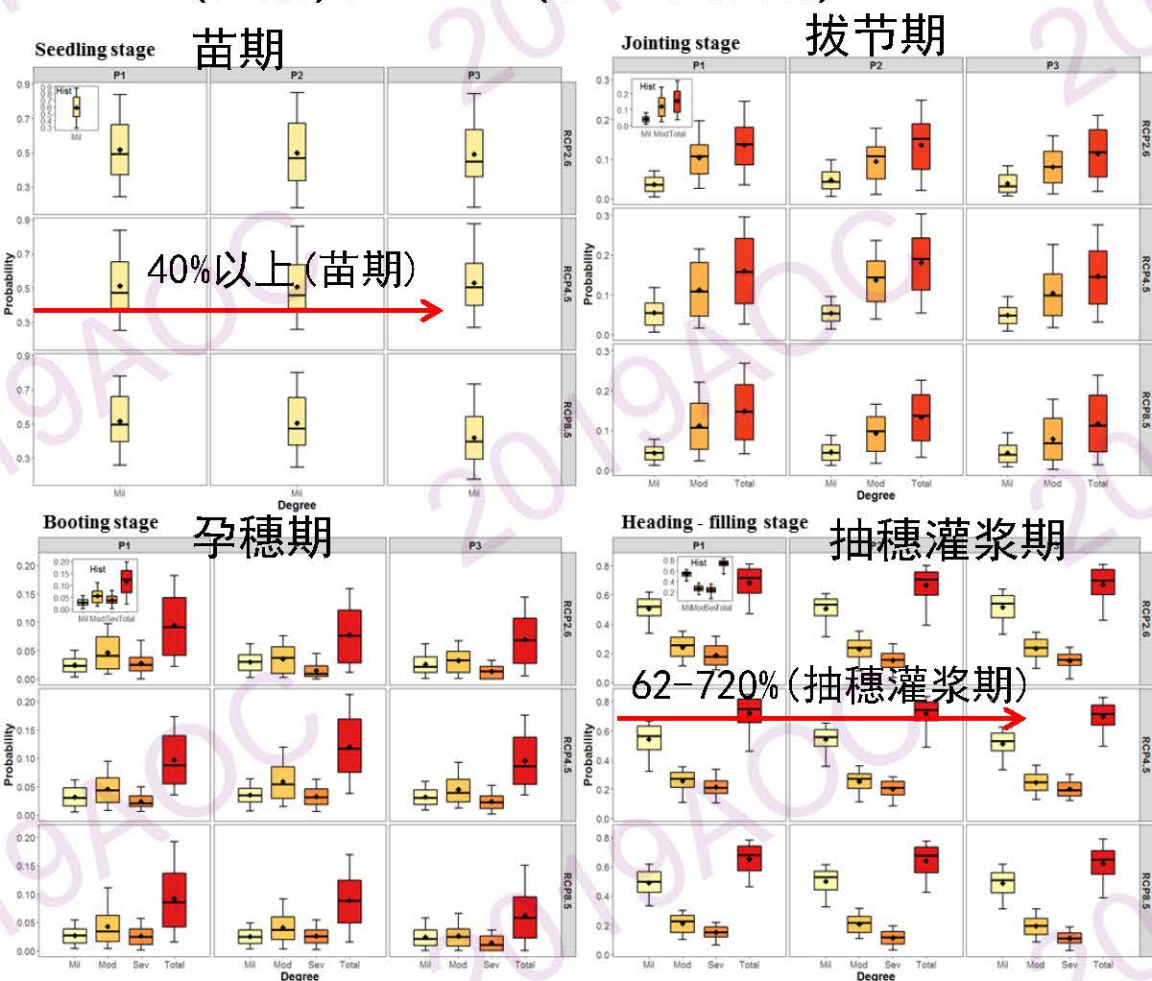
### 乳熟-成熟期



未来春玉米总干旱发生  
**概率大于30%**的面积和占  
 主产区总面积百分比

### (3) 小麦不同减产率等级发生概率

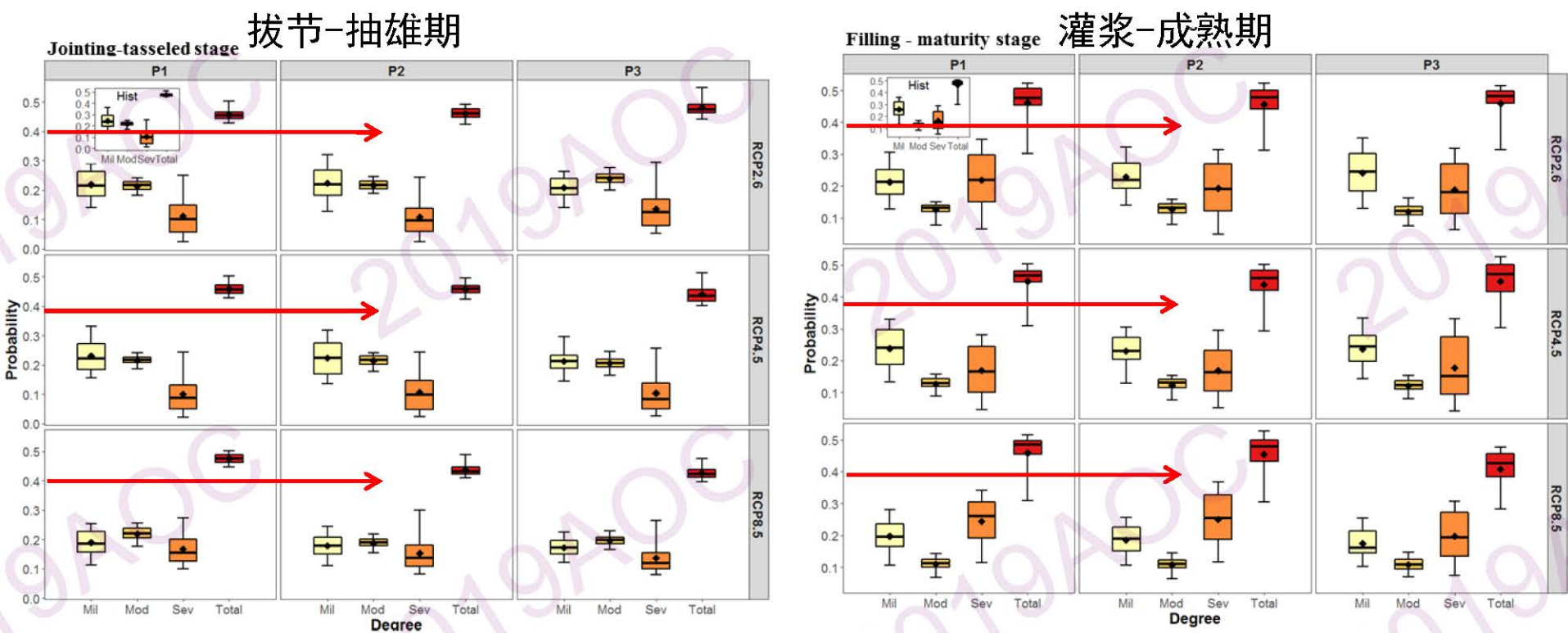
- 南方冬小麦主要受涝渍影响，苗期和抽穗灌浆期发生概率较高，未来不同气候情景下涝渍发生概率呈轻度>中度>重度，总发生概率分别为40%以上(苗期)和62-72%(抽穗灌浆期)。



不同情景下南方冬小麦涝渍发生概率

南方冬小麦不同气候情景下抽穗灌浆期涝渍发生概率大于50%面积和占主产区的百分比

- **北方冬小麦**主要受干旱影响，未来不同气候情景下的发生概率均呈波动式变化，平均为**42-47%**。
- 未来不同气候情景下拔节-抽雄期和灌浆-成熟期干旱发生概率大于**40%**区域分别占主产区总面积的约**96%**和**75%**。



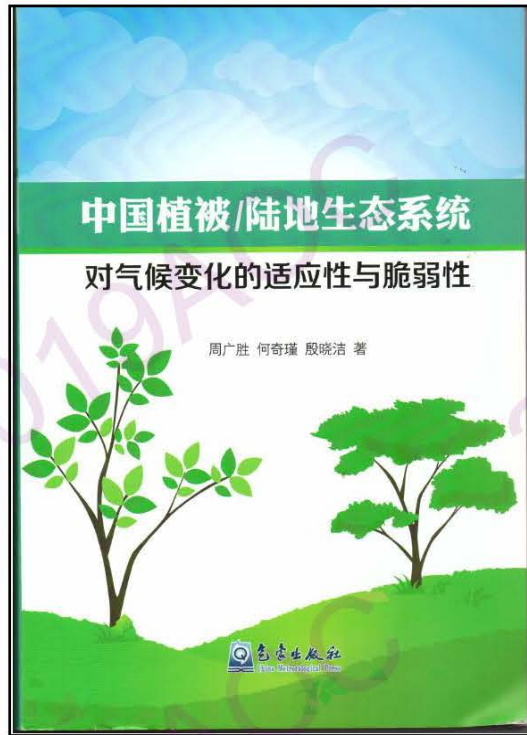
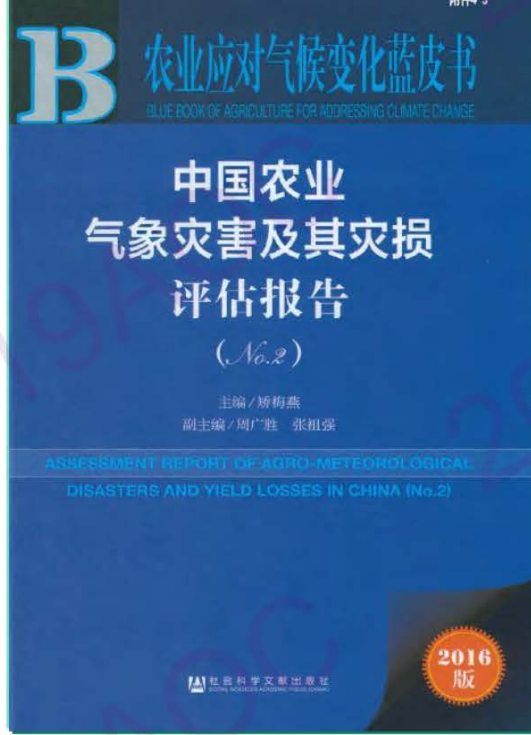
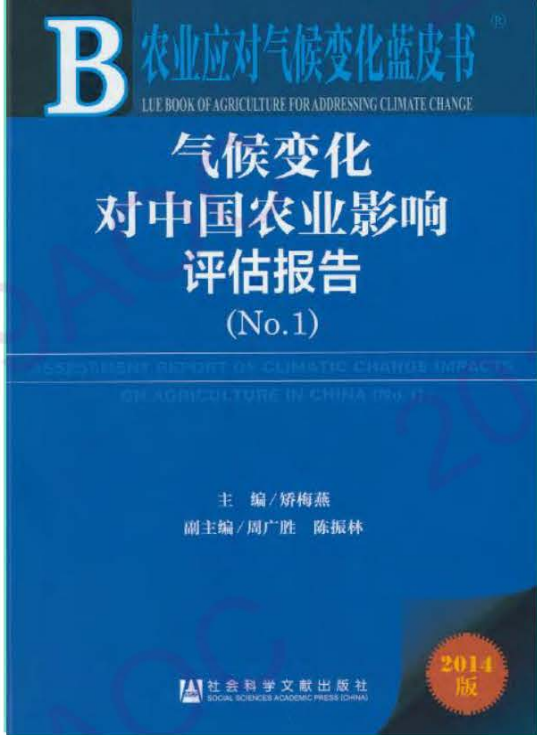
不同气候情景下北方冬小麦发生概率





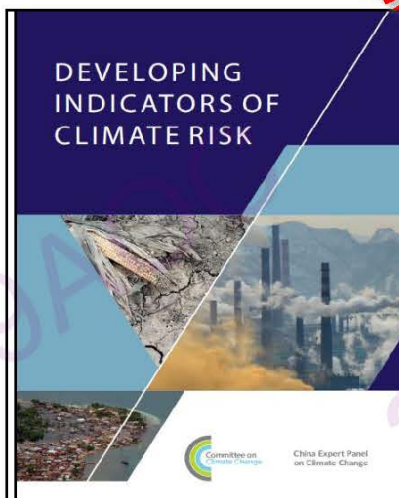
## 三、结论与建议

- 气候变化已经对中国农业气候资源、作物种植分布、农业气象灾害及作物气象产量灾损均产生了重要影响，中国农业生产的中长期布局**必须考虑气候变化的影响**。
- 气候变化对农业的影响**存在巨大的时间与空间差异性**，中国农业生产的中长期布局应该**主动适应气候变化**，需要**因时因地制宜**调整农业种植制度，确保农业稳产增效。
- 气候变暖背景下中国的**农业气象灾害并没有减少**，只是针对**不同作物发生的时间、频率、强度及其空间分布发生了剧烈变化**，防灾减灾抗灾仍然是农业气象防灾减灾的重要任务。



谢  
谢

敬请批评指正



change

Center, China Meteorological Administration), Xu Ying (National  
ical Administration), Liu Junfeng (Chinese Academy of Sciences),  
er, China Meteorological Administration, Zhou Guangsheng  
ical Sciences), Liu Kexiu (National Marine Information Centre,  
hina)

pton), Andrew Challinor (University of Leeds), Ed Hawkins  
cience, University of Reading), Ann Kristin Koehler (University of  
of Southampton), Rowan Sutton (National Centre for  
Reading)

of Sciences), Lv Xiaomin (Chinese Academy of Meteorological  
inistrative Centre for China's Agenda 21)

第3章 气候变

主要作者

巢清尘  
徐 影  
刘俊峰  
徐 影  
周广胜  
刘元海

参与作者

Nigel Amell  
陈仁升  
吕晓敏  
魏 超  
王文涛

