



中国科学院大气物理研究所

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences



中国科学院气候变化研究中心

Climate Change Research Center (CCRC)

# 全球变暖1.5°C/2°C背景下陆地生态系统生产力的响应

田晨光

合作者：乐旭\* 周浩 雷亚栋 马一勉 曹阳

Tian, C., Yue, X\*., Zhou, H., Lei, Y., Ma, Y., & Cao, Y. (2021). Projections of changes in ecosystem productivity under 1.5 °C and 2 °C global warming. *Global and Planetary Change*, 103588. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818121001739>

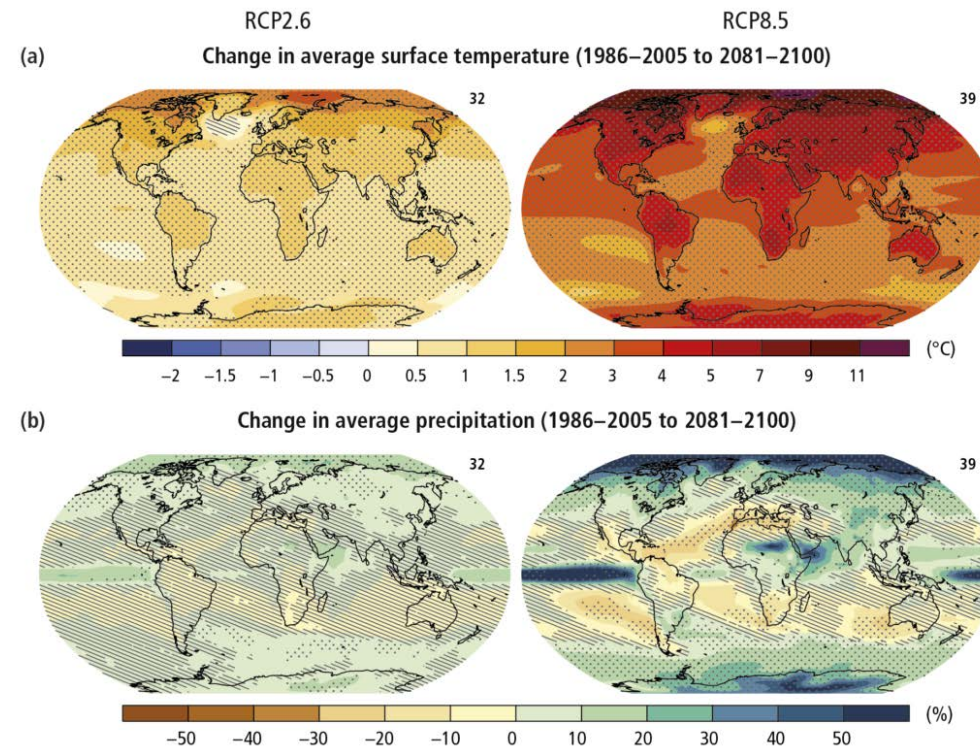
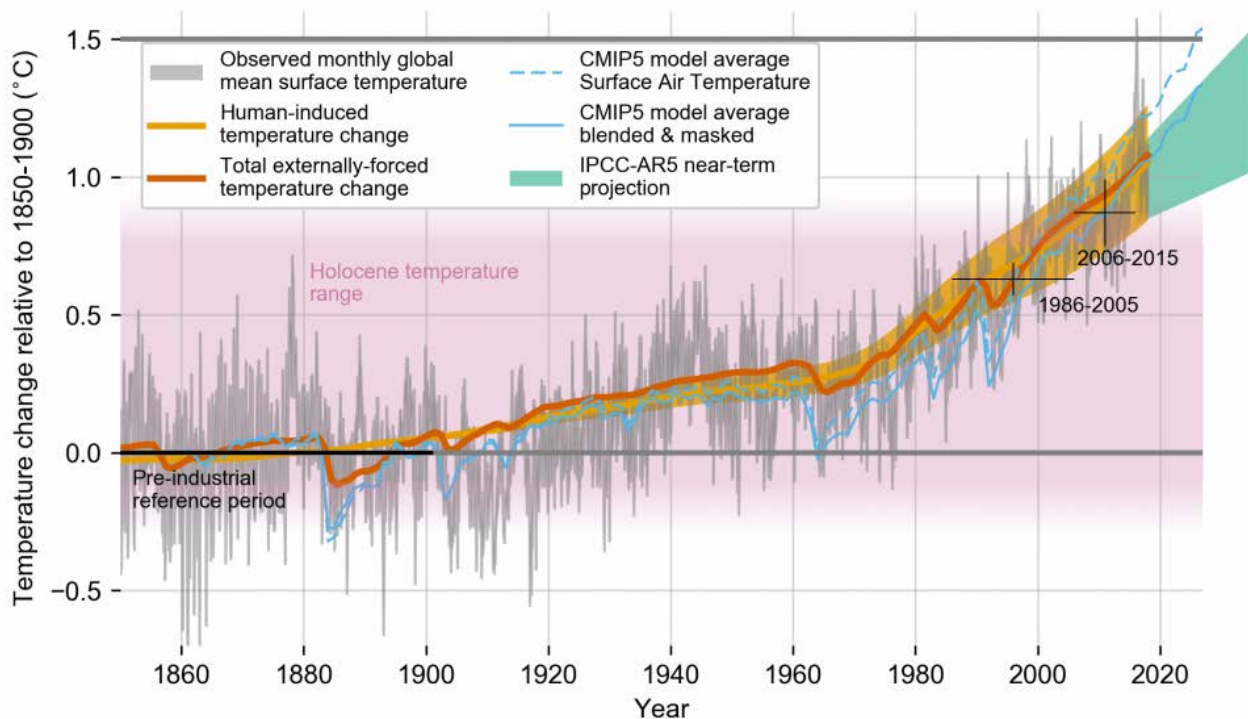
# 报告提纲

- 背景简介
- 资料与方法
- 陆地生产力对全球变暖的响应
- 结论与讨论

# 报告提纲

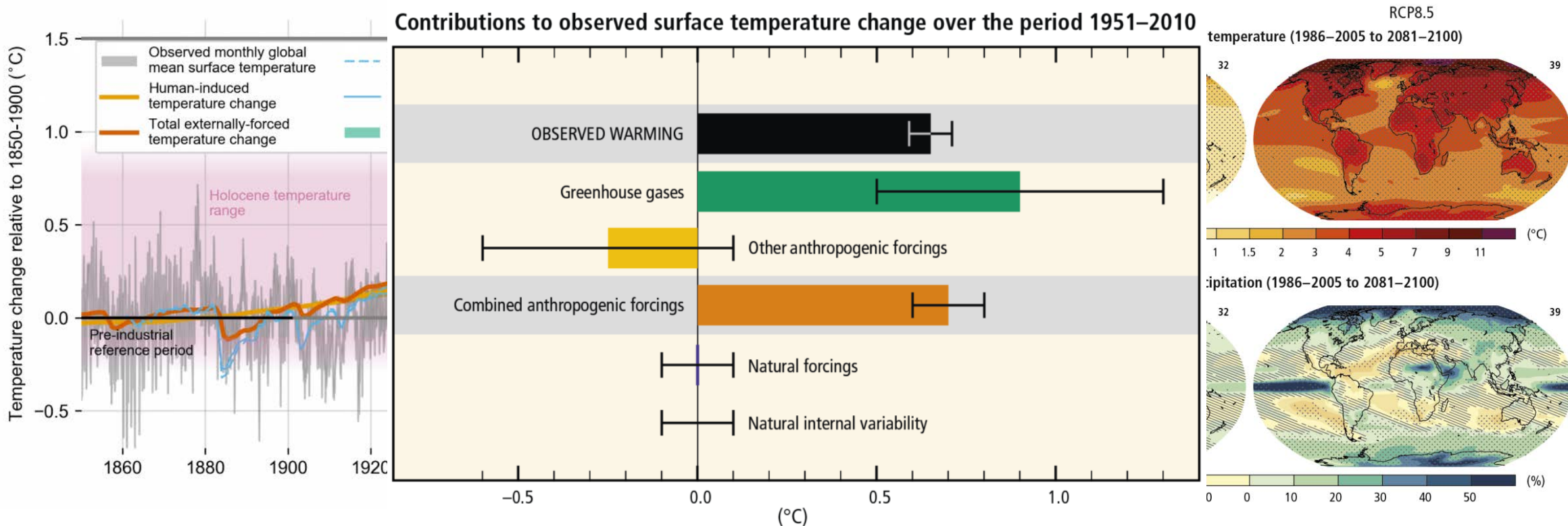
- **背景简介**
- 资料与方法
- 陆地生产力对全球变暖的响应
- 结论与讨论

# 全球增暖的事实



- ◆ 自工业革命开始以来 全球地表平均温度逐渐上升
- ◆ 2006-2015年这十年观测的全球平均表面温度比1850-1900年的平均值高 **$0.87^{\circ}\text{C}$** ( $0.75^{\circ}\text{C}$ - $0.99^{\circ}\text{C}$ )
- ◆ 由过去和目前的排放, 估算人为影响全球升温约每十年 **$0.2^{\circ}\text{C}$** ( $0.1^{\circ}\text{C}$ - $0.3^{\circ}\text{C}$ )

# 全球增暖的事实



人类排放的温室气体是导致全球变暖最主要的原因

# 全球增暖的危害

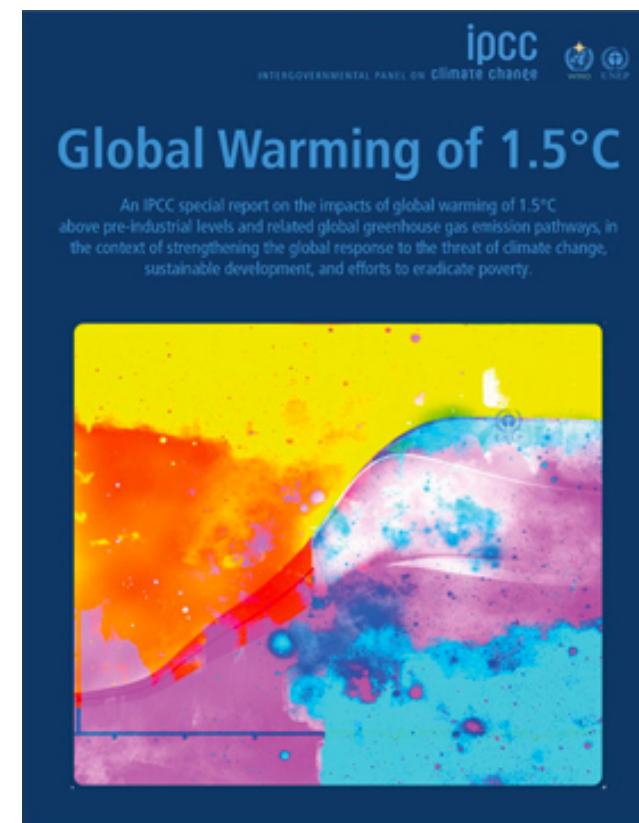


海平面上升 冰川融化 干旱 环境恶化 极端天气频发 粮食危机 疾病危害.....

# 增温1.5°C阈值的目标

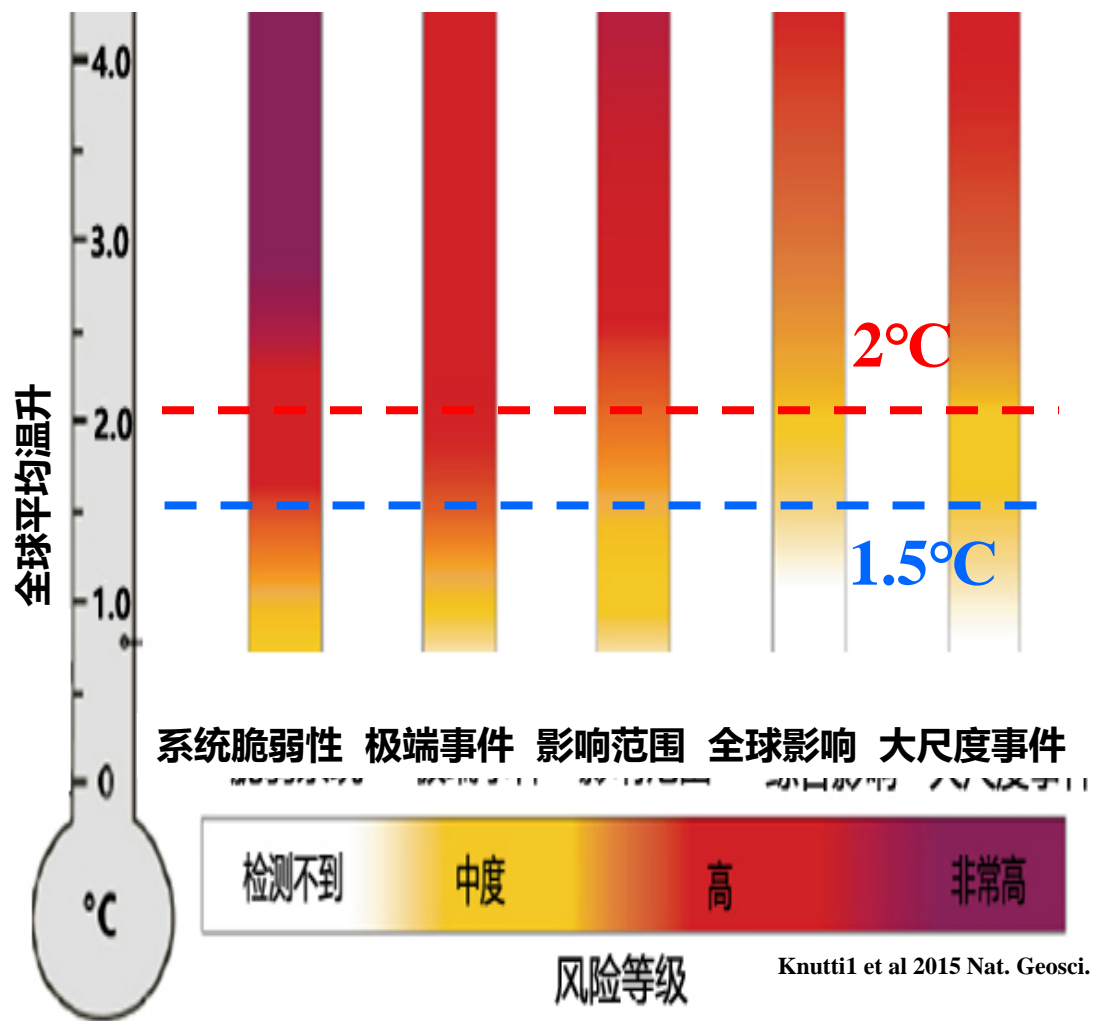


2015年巴黎协定指出要把增温控制在**2°C**以内，最好控制在**1.5°C**以内

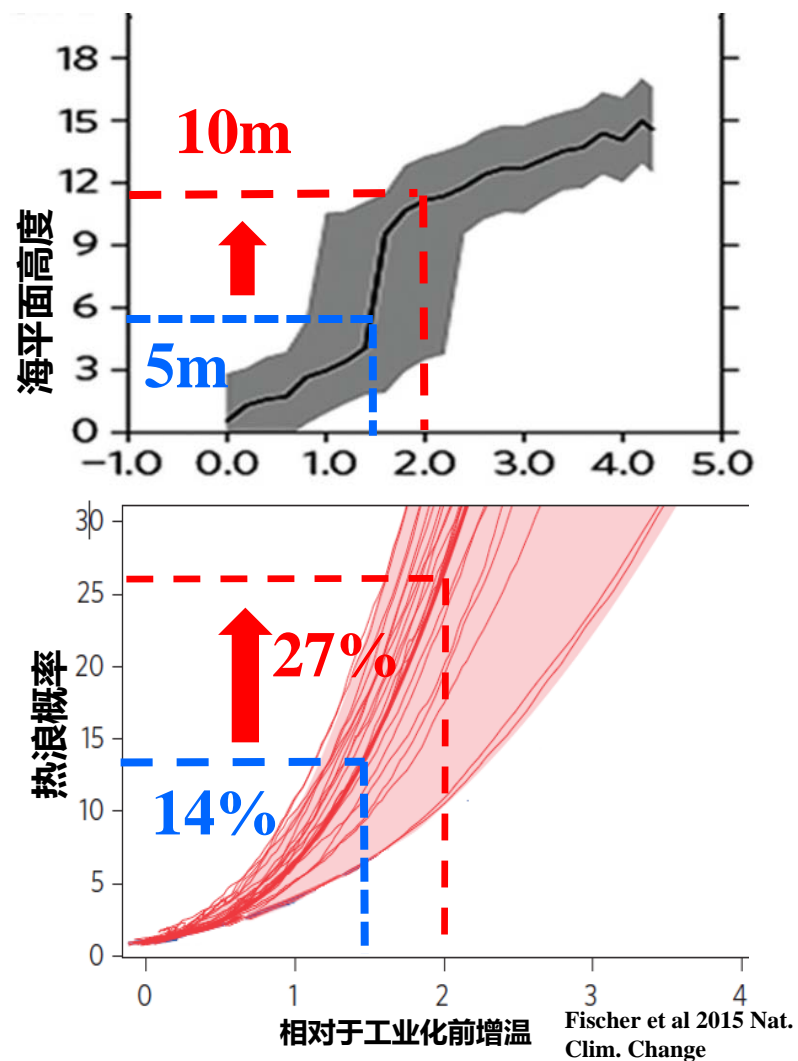


2018年 IPCC 1.5°C特别报告

# 限制增温1.5°C 自然生态系统灾害风险显著降低



不同增温阈值下的风险等级

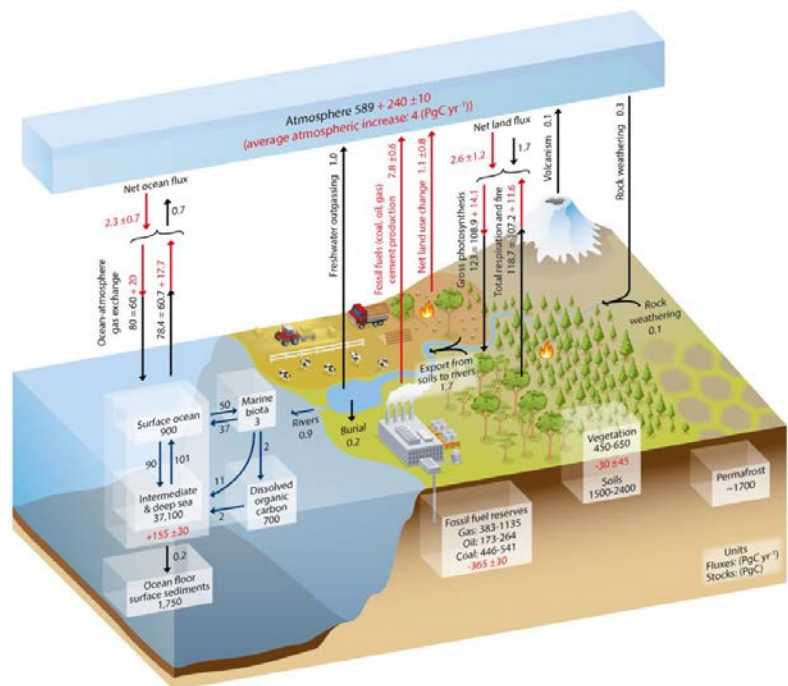


全球热浪及海平面高度

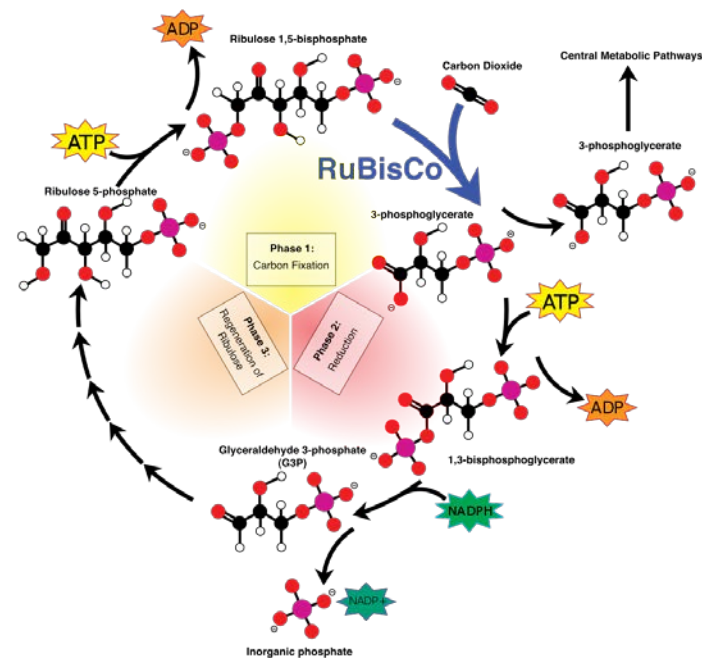


# 气候-大气环境-生态系统相互作用

## 陆地生态系统是最大碳汇



全球碳循环



光合作用示意图



# 报告提纲

- 背景简介
- **资料与方法**
- 陆地生产力对全球变暖的响应
- 结论与讨论

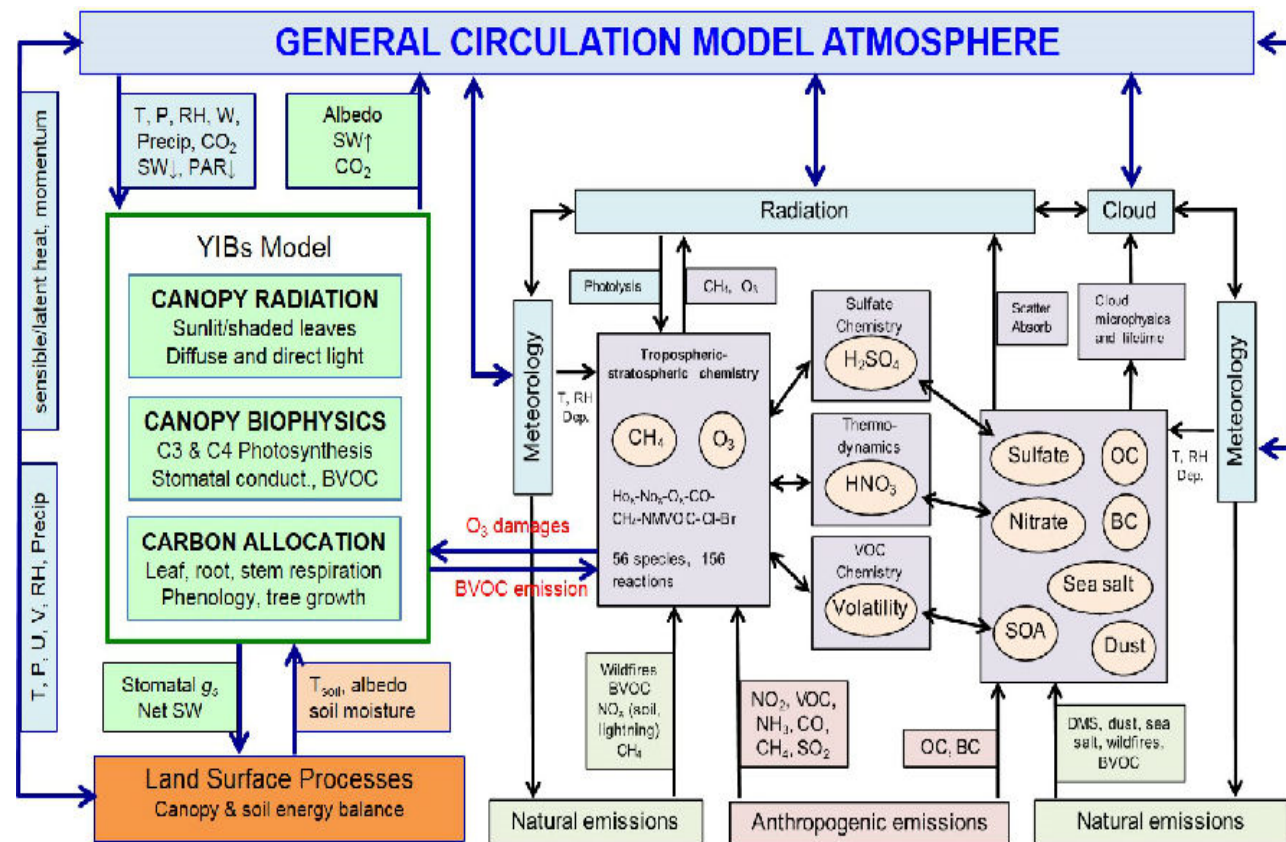
# ModelE2-YIBs简介

采用国际先进的气候-大气化学-动态植被耦合模型**ModelE2-YIBs** (Yue and Unger 2015) 来研究在全球变暖1.5°C和2°C情形下GPP和LAI的变化

**YIBs**是一个基于过程的陆地植被模型，可以完整地模拟全球陆地碳循环和动态的树高和LAI

**ModelE2**是国际先进的气候模式，包含大气气相化学和气溶胶化学、云、气溶胶、辐射和陆面过程

水平分辨率为 $2^{\circ} \times 2.5^{\circ}$   
垂直层数40层  
积分步长30分钟



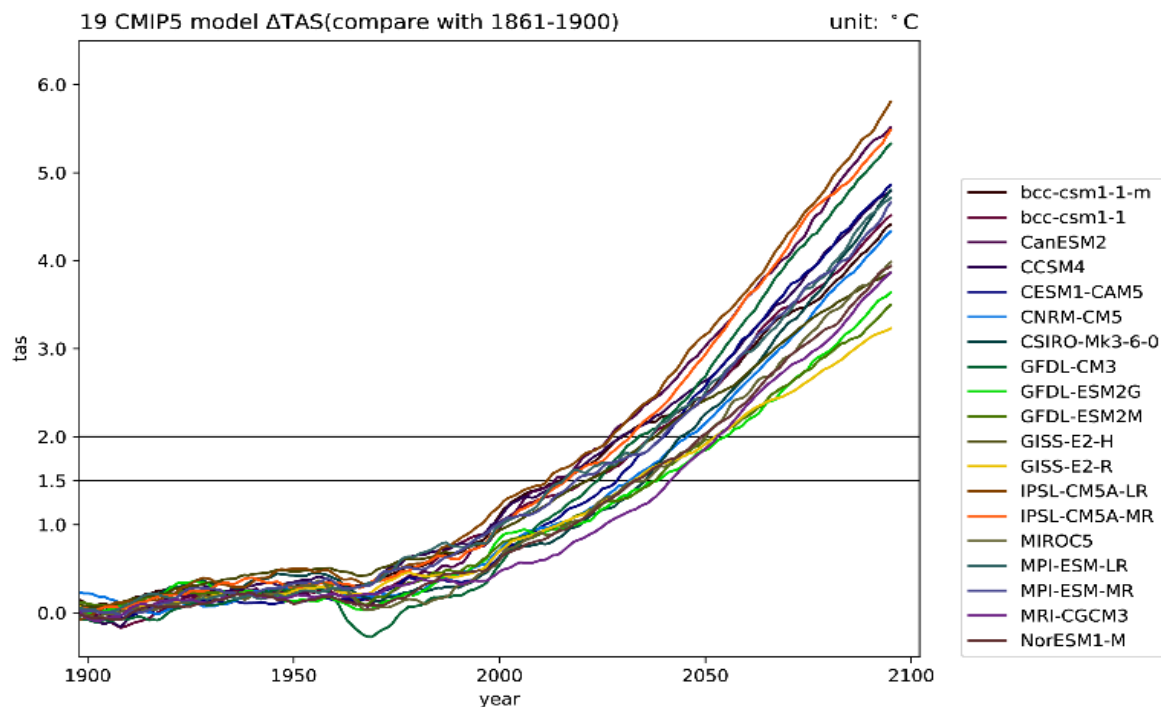
ModelE2-YIBs示意图 (Yue and Unger 2015)

# 试验方法简介——模式的强迫场

选用19个CMIP5模式在RCP8.5情景数据

分别计算增温1.5/2°C(相对于1861-1900年)月平均SST/SIC气候态以及全球年平均CO<sub>2</sub>浓度

多模式集合平均值作为ModelE2-YIBs强迫场



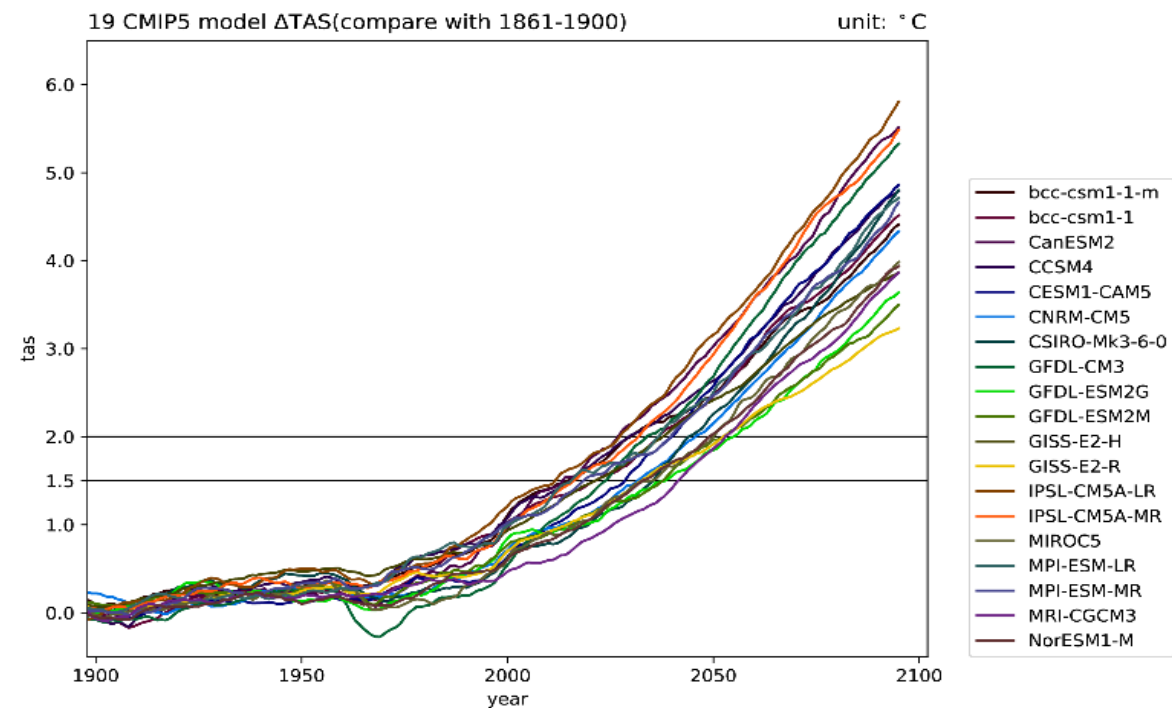
模式名称	模式分辨率	增温1.5°C时间	增温2°C时间
bcc-csm1-1-m	2.7906×2.8125	2009-2019	2024-2034
bcc-csm1-1	2.7906×2.8125	2016-2026	2031-2041
CanESM2	2.7906×2.8125	2008-2018	2021-2031
CCSM4	0.9424×1.25	2010-2020	2024-2034
CESM1-CAM5	0.9424×1.25	2023-2033	2034-2044
CNRM-CM5	1.4008×1.40625	2026-2036	2040-2050
CSIRO-Mk3-6-0	1.8653×1.875	2030-2040	2039-2039
GFDL-CM3	2×2.5	2018-2028	2029-2039
GFDL-ESM2G	2.0225×2	2033-2043	2049-2059
GFDL-ESM2M	2.0225×2.5	2032-2042	2047-2057
GISS-E2-H	2×2.5	2016-2026	2032-2042
GISS-E2-R	2×2.5	2027-2037	2047-2057
IPSL-CM5A-LR	1.8947×3.75	2006-2016	2022-2032
IPSL-CM5A-MR	1.2676×2.5	2011-2021	2026-2036
MIROC5	1.4008×1.40625	2028-2038	2044-2054
MPI-ESM-LR	1.8653×1.875	2010-2020	2031-2041
MPI-ESM-MR	1.8653×1.875	2013-2023	2034-2044
MRI-CGCM3	1.12148×1.125	2036-2046	2047-2057
NorESM1-M	1.8947×2.5	2027-2037	2043-2053

# 试验方法简介——模式的强迫场

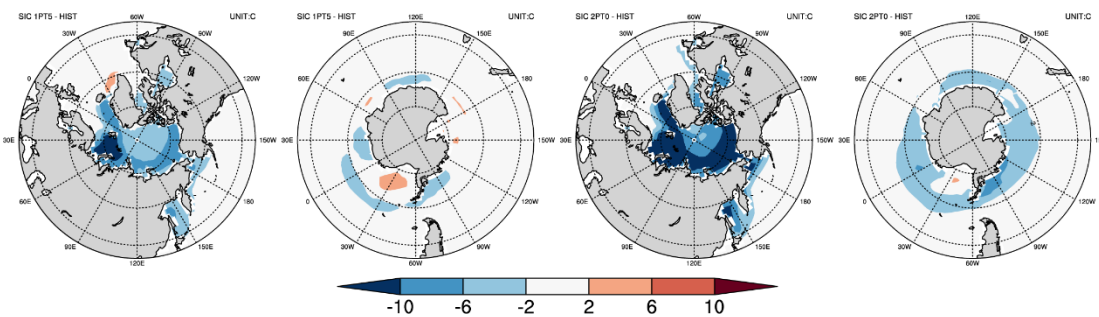
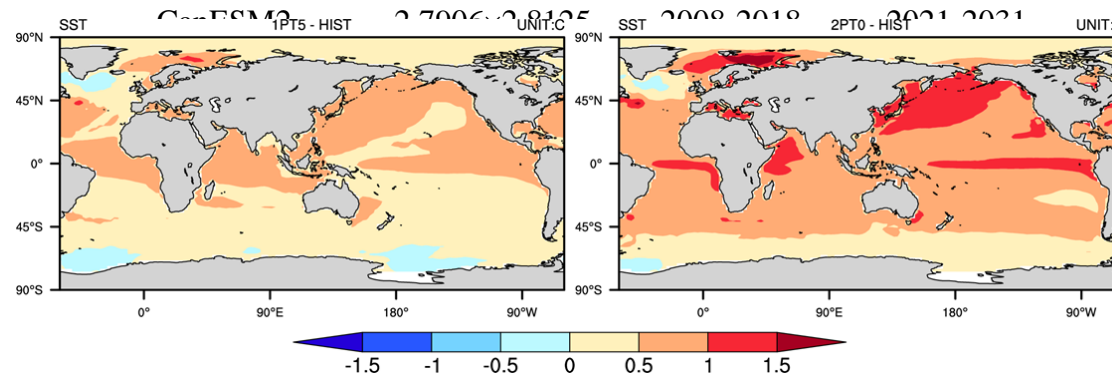
选用19个CMIP5模式在RCP8.5情景数据

分别计算增温1.5/2°C(相对于1861-1900年)月平均SST/SIC气候态以及全球年平均CO<sub>2</sub>浓度

多模式集合平均值作为ModelE2-YIBs强迫场



模式名称	模式分辨率	增温1.5°C时间	增温2°C时间
bcc-csm1-1-m	2.7906×2.8125	2009-2019	2024-2034
bcc-csm1-1	2.7906×2.8125	2016-2026	2031-2041

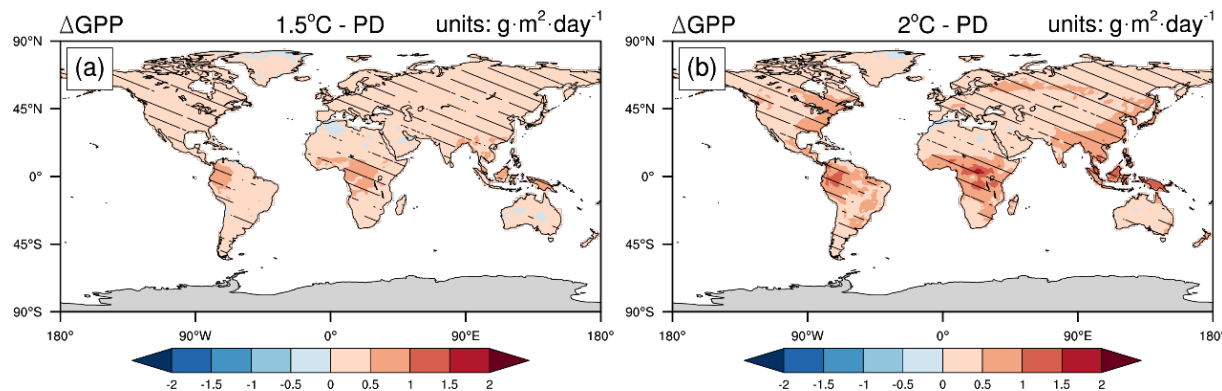


IPSL-CM5A-MR	1.2676×2.5	2011-2021	2026-2036
MIROC5	1.4008×1.40625	2028-2038	2044-2054
MPI-ESM-LR	1.8653×1.875	2010-2020	2031-2041
MPI-ESM-MR	1.8653×1.875	2013-2023	2034-2044
MRI-CGCM3	1.12148×1.125	2036-2046	2047-2057
NorESM1-M	1.8947×2.5	2027-2037	2043-2053

# 试验方法简介——CMIP6 GPP数据

选取 11 个包含 GPP 变量的 CMIP6 模式  
SSP585 情景下增温 1.5/2°C 下 GPP 变化的  
多模式平均

用来对比与 ModelE2-YIBs 中 GPP 的变化



模式名称	增温1.5°C时间	增温2°C时间	模式分辨率
ACCESS-ESM1-5	2031-2041	2043-2053	$1.875 \times 1.25$
BCC-CSM2-MR	2022-2032	2034-2044	$1.13 \times 1.13$
CanESM5	2006-2016	2006-2016	$2.81 \times 2.81$
CESM2	2007-2017	2018-2028	$1.25 \times 0.94$
CESM2-WACCM	2018-2028	2030-2040	$1.25 \times 0.94$
EC-Earth3-Veg	2015-2025	2030-2040	$0.7 \times 0.7$
INM-CM4-8	2007-2017	2022-2032	$2 \times 1.5$
INM-CM5-0	2025-2035	2040-2050	$2 \times 1.5$
IPSL-CM6A-LR	2026-2036	2041-2051	$2.5 \times 1.26$
MPI-ESM1-2-HR	2012-2022	2032-2042	$0.94 \times 0.94$
MPI-ESM1-2-LR	2027-2037	2045-2055	$1.875 \times 1.875$

# 试验简介——在线试验

共设计5组在线试验：1组控制试验 4组敏感性试验

试验序号	实验名称	SST/SIC	CO <sub>2</sub>	备注
Exp1	HISTSST_HISTGHG	HIST	HIST	CTRL
Exp2	HISTSST_1PT5GHG	HIST	1.5°C	
Exp3	HISTSST_2PT0GHG	HIST	2°C	
Exp4	1PT5SST_1PT5GHG	1.5°C	1.5°C	
Exp5	2PT0SST_2PT0GHG	2°C	2°C	

Exp4 -Exp1和Exp5 – Exp1: 增暖1.5°C和2°C引起陆地生产力的变化

Exp3 -Exp1和Exp2 – Exp1: 增暖1.5°C和2°C背景下**SST变化**引起陆地生产力的变化

Exp4 -Exp2和Exp5 – Exp3: 增暖1.5°C和2°C背景下**CO<sub>2</sub>浓度变化**引起陆地生产力的变化

**将增暖归因于SST和CO<sub>2</sub>浓度的变化**

# 试验简介——离线试验

共设计15组离线试验：1组控制试验 14组敏感性试验

实验名称	GHGs	Temperature	Soil moist	PAR	备注
PD_ALL	PD	PD	PD	PD	CTRL
1PT5_ALL	1.5°C	1.5°C	1.5°C	1.5°C	
1PT5_CO2	1.5°C	PD	PD	PD	
1PT5_FAST	PD	PD_1.5GHG	PD_1.5GHG	PD_1.5GHG	
1PT5_MET	PD	1.5°C	1.5°C	1.5°C	
1PT5_TEM	PD	1.5°C	PD	PD	
1PT5_SM	PD	PD	1.5°C	PD	
1PT5_PAR	PD	PD	PD	1.5°C	
2PT0_ALL	2.0°C	2.0°C	2.0°C	2.0°C	
2PT0_CO2	2.0°C	PD	PD	PD	
2PT0_FAST	PD	PD_2.0GHG	PD_2.0GHG	PD_2.0GHG	
2PT0_MET	PD	2.0°C	2.0°C	2.0°C	
2PT0_TEM	PD	2.0°C	PD	PD	
2PT0_SM	PD	PD	2.0°C	PD	
2PT0_PAR	PD	PD	PD	2.0°C	

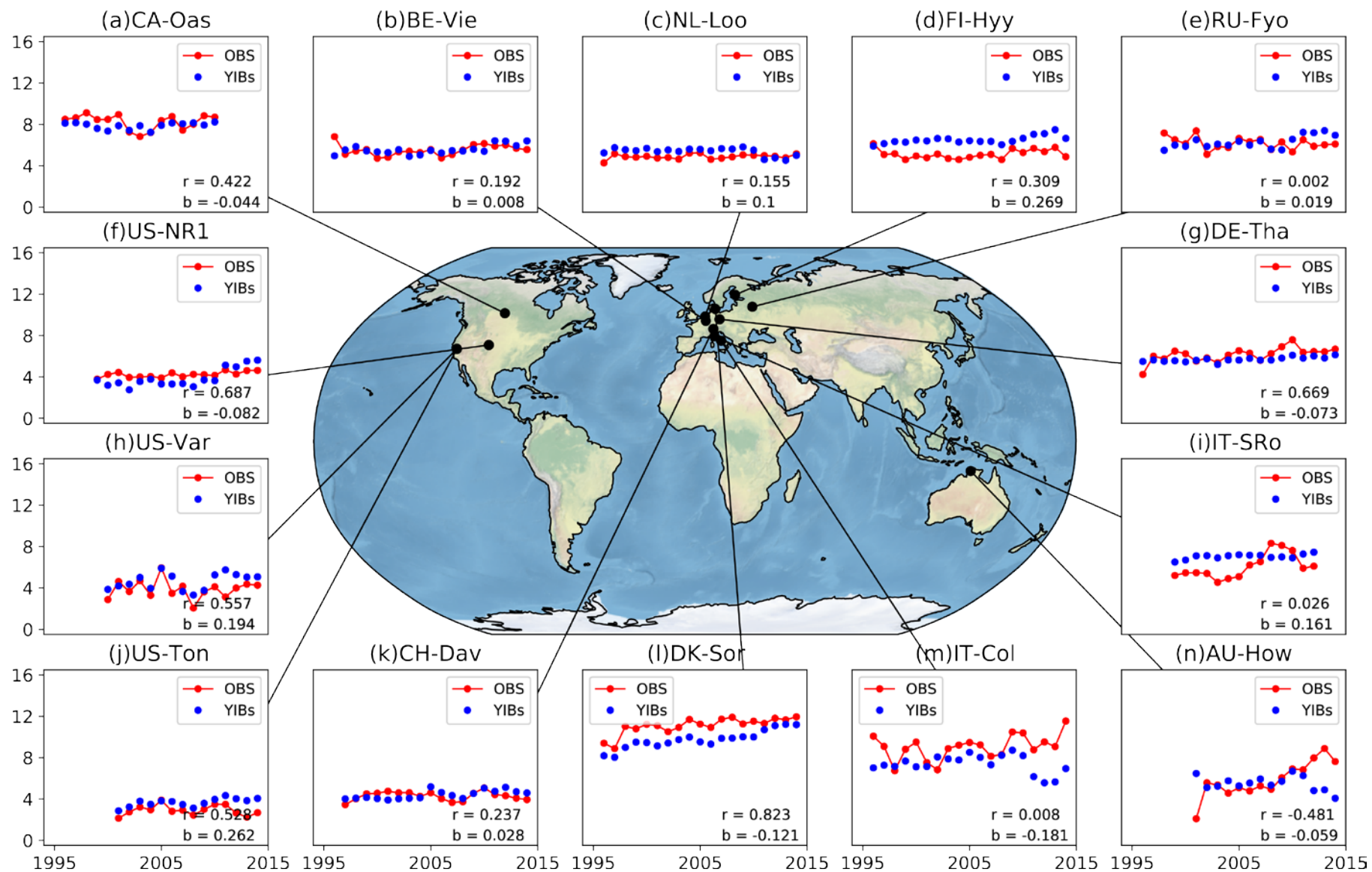
进一步区分CO<sub>2</sub>施肥效应变化、快响应和慢响应的影响



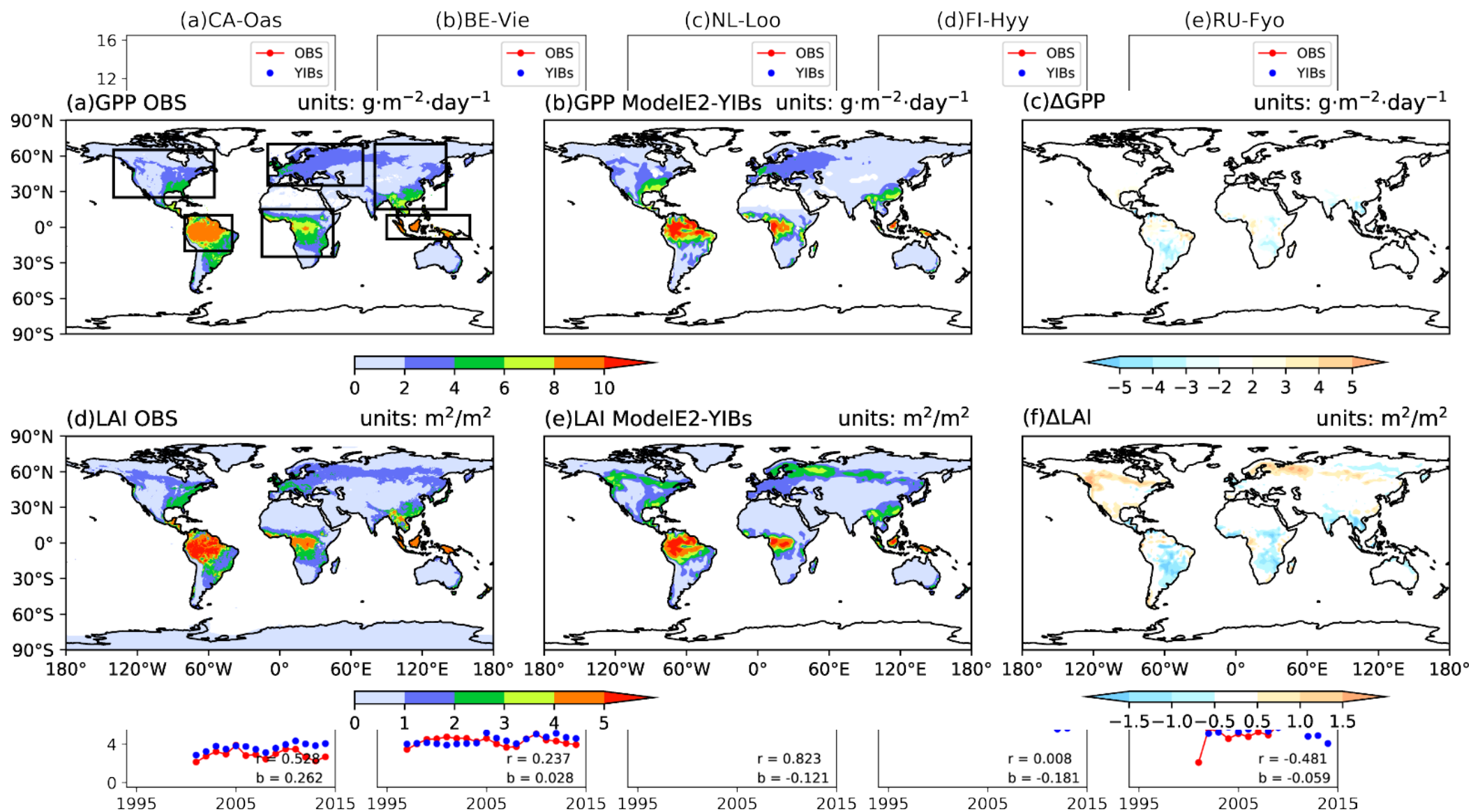
# 报告提纲

- 背景简介
- 资料与方法
- **陆地生产力对全球变暖的响应**
- 结论与讨论

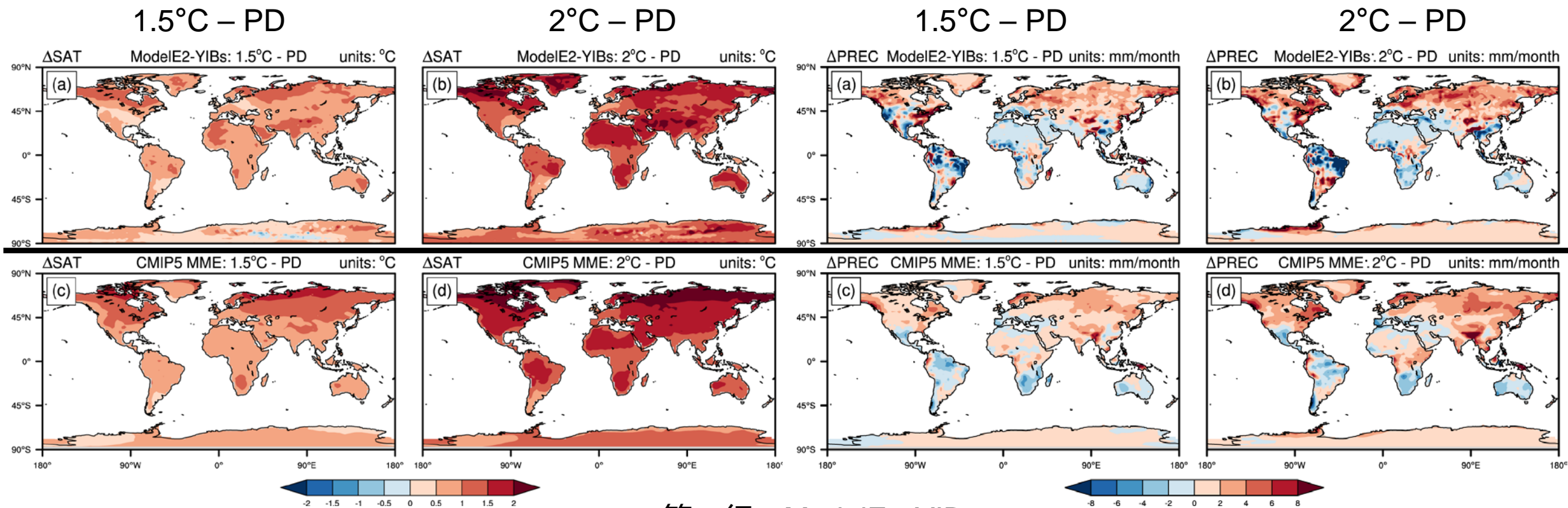
# GPP的模拟验证——站点尺度



# GPP的模拟验证——全球尺度



# ModelE2-YIBs模拟的气温和降水与CMIP5 MME对比



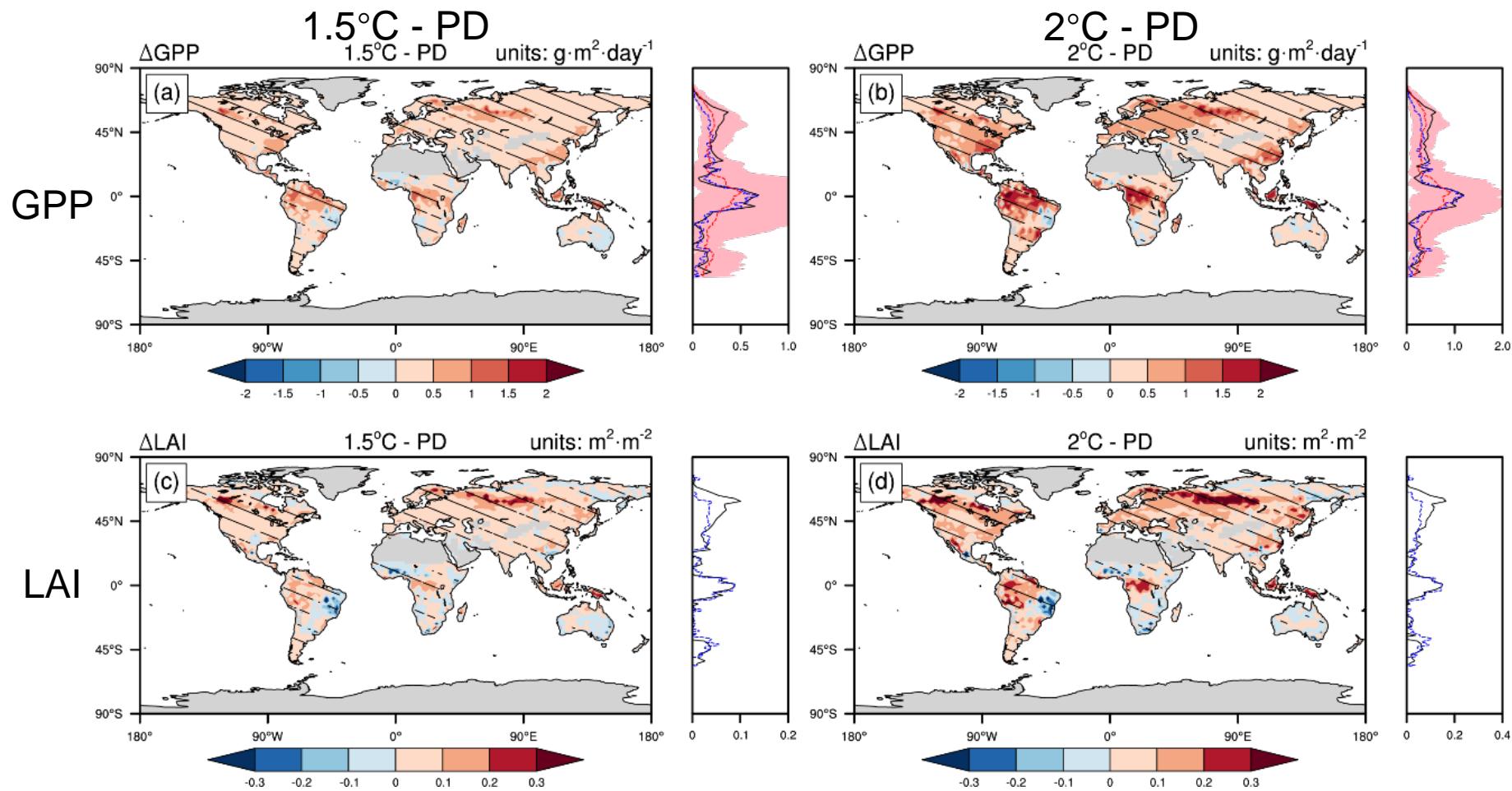
气温

第一行: ModelE2-YIBs  
第二行: CMIP5 MME

降水

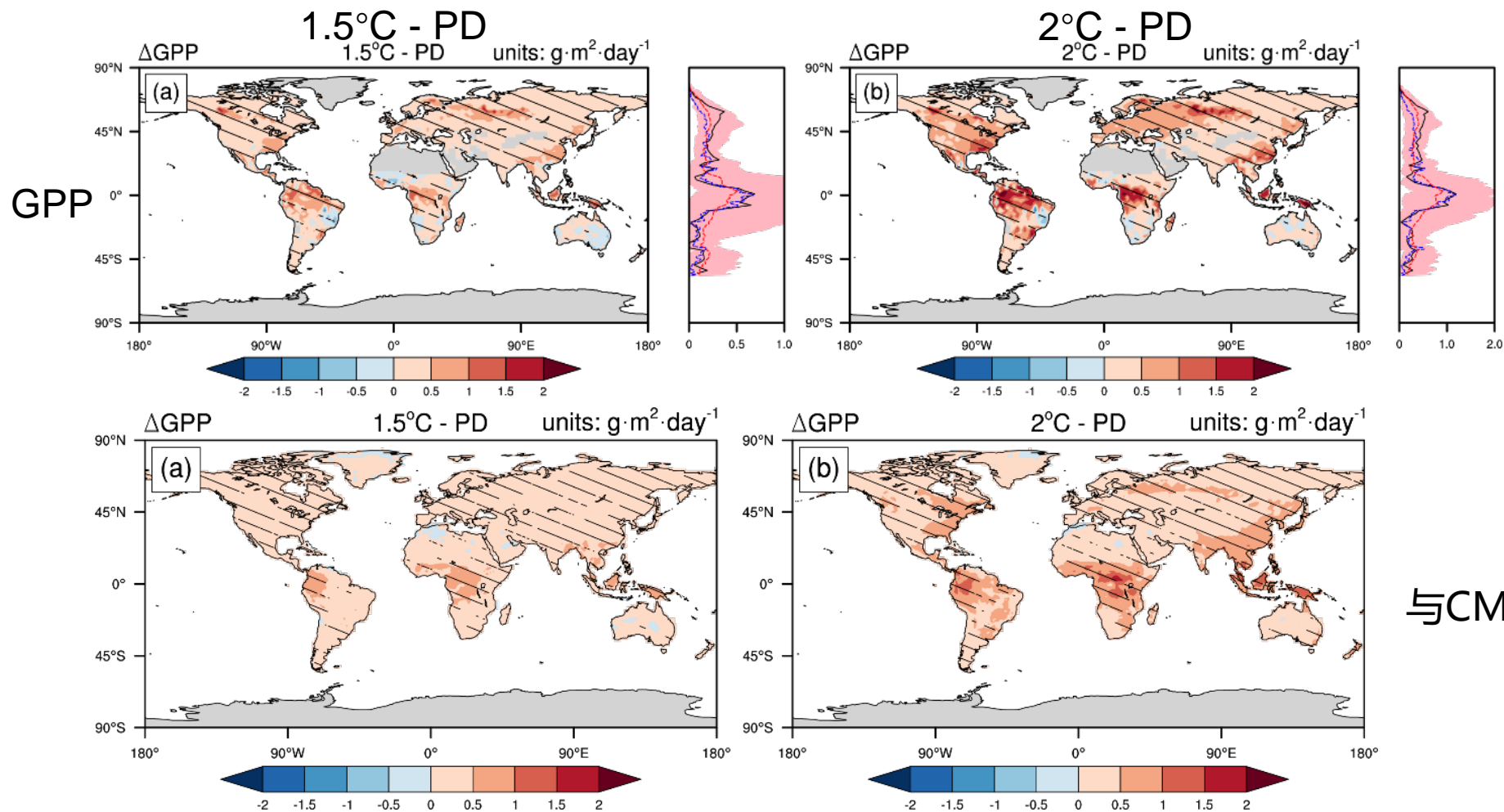
**ModelE2-YIBs具有较好的模拟能力**

# GPP和LAI对全球变暖的响应



大部分地区增加  
热带部分地区减弱  
2°C变化约为1.5°C时2倍

# GPP和LAI对全球变暖的响应



大部分地区增加  
热带部分地区减弱  
2°C变化约为1.5°C时2倍

与CMIP6 MME的对比

# GPP和LAI对CO<sub>2</sub>和SST变化的响应

GPP

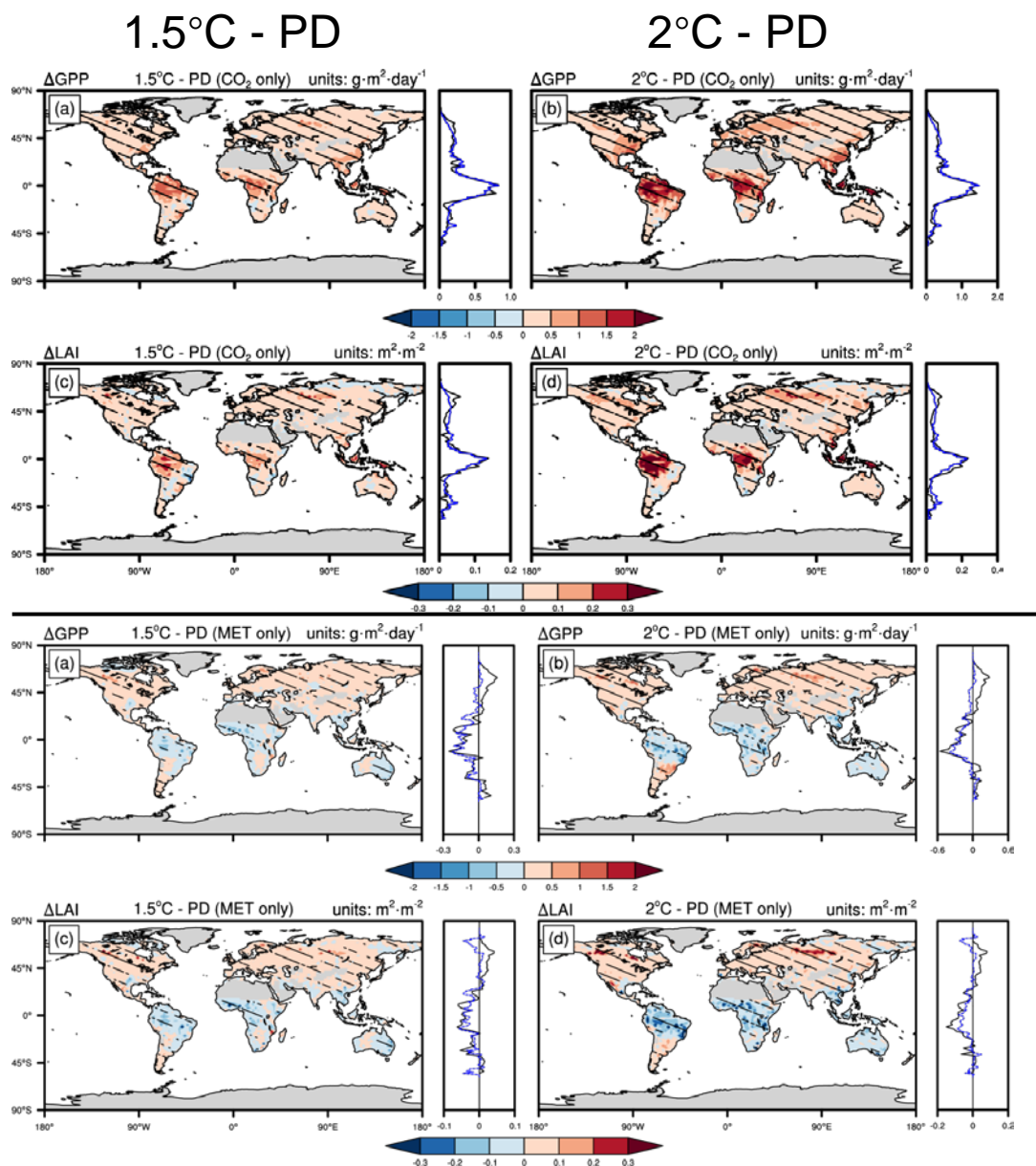
CO<sub>2</sub>影响

LAI

GPP

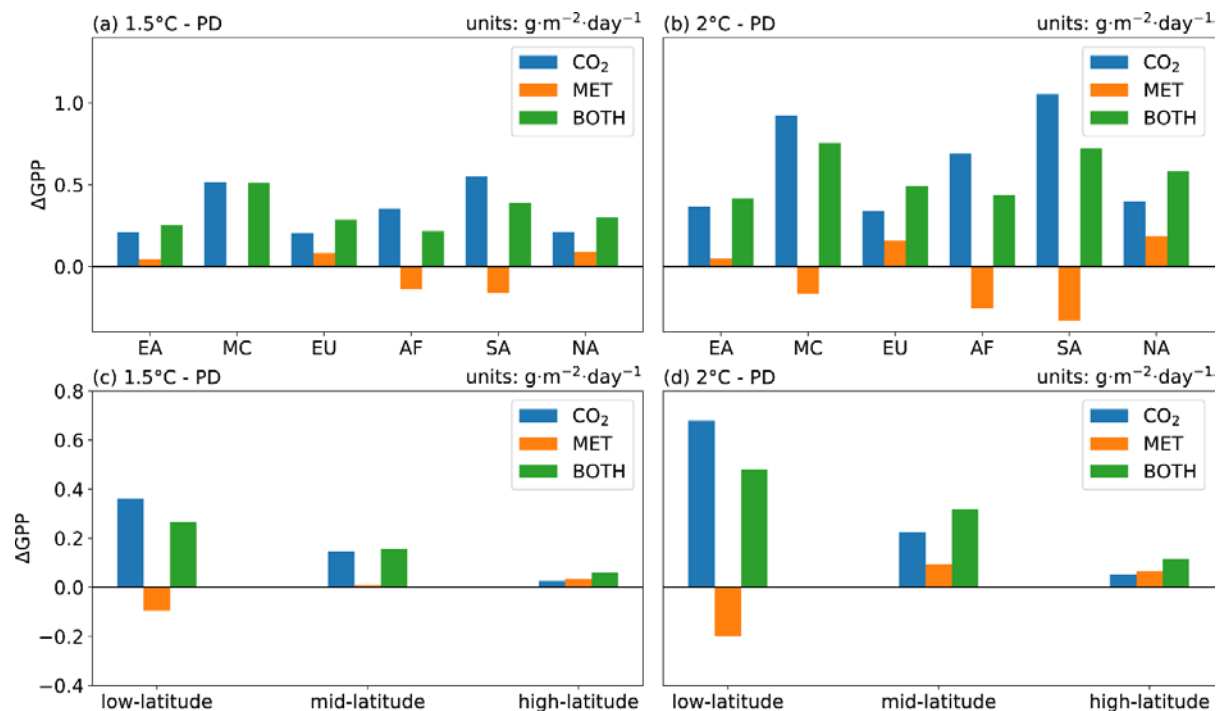
SST影响

LAI



1.5°C - PD

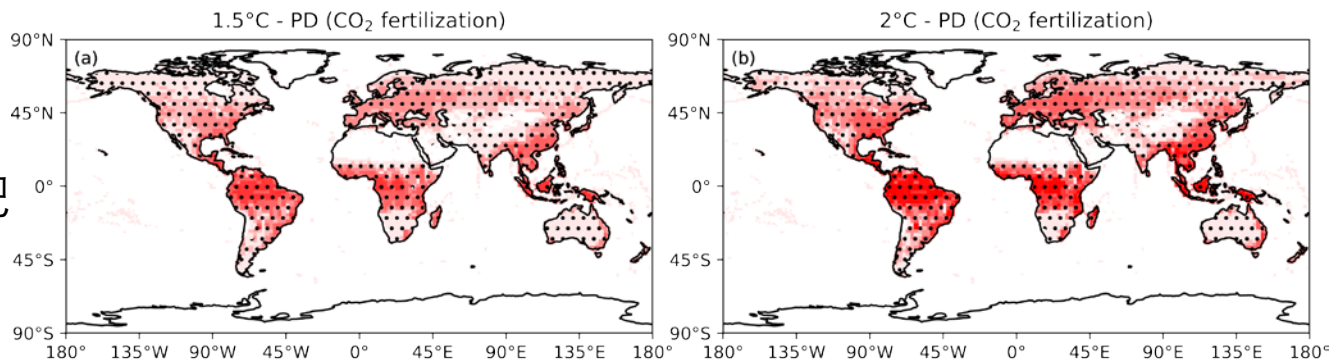
2°C - PD



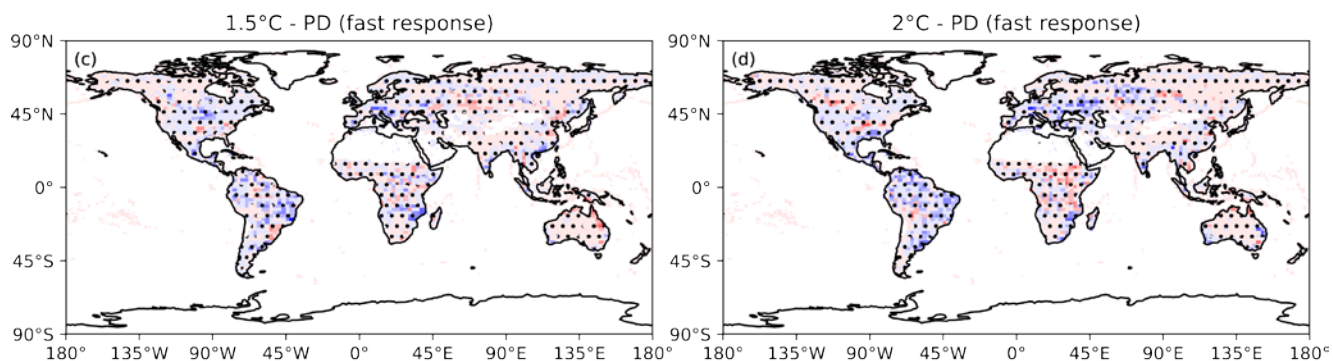
**CO<sub>2</sub>: 与共同影响类似 大部分地区增加 增加幅度更大**  
**SST: 低纬度减少 高纬度增加**

# GPP对CO<sub>2</sub>施肥效应变化和快/慢过程的响应

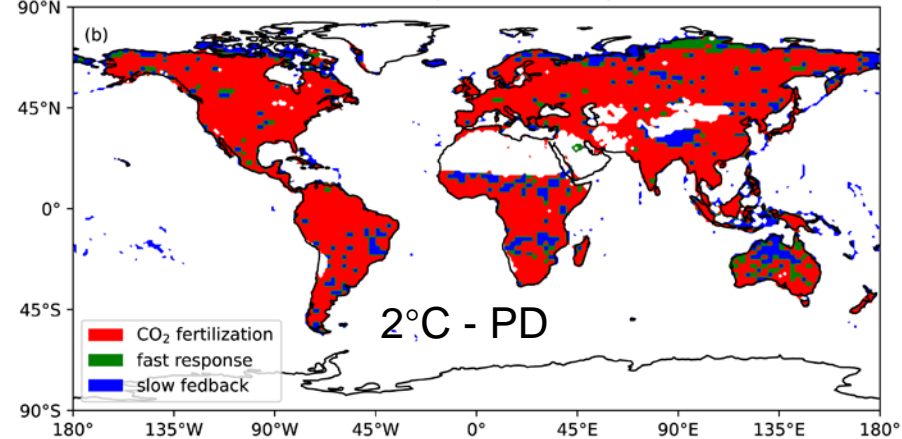
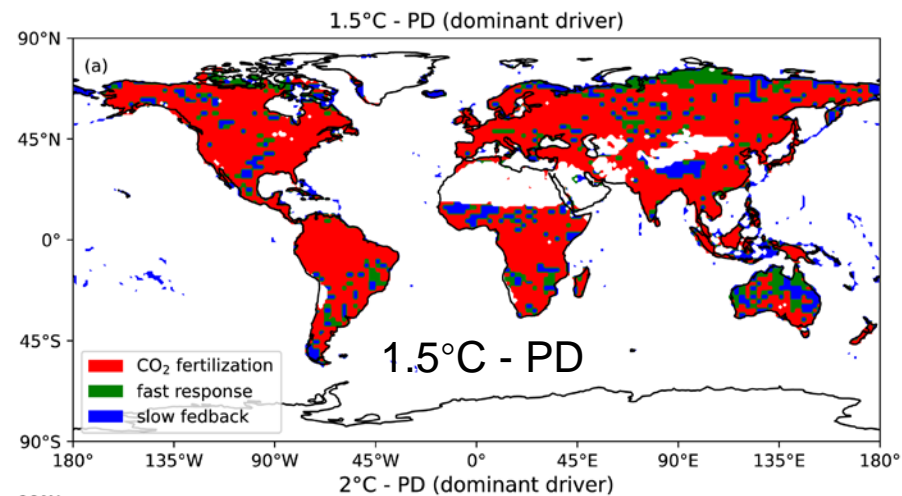
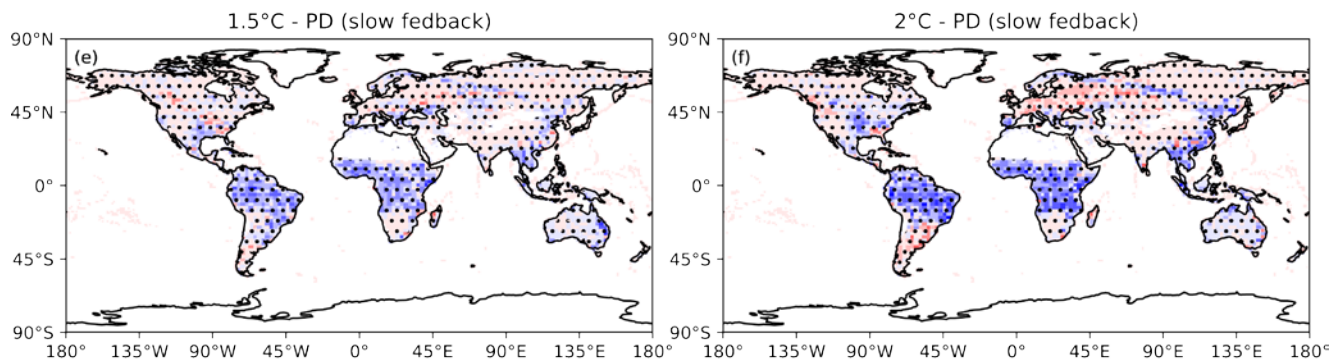
CO<sub>2</sub>施肥



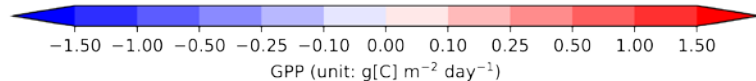
快响应



慢响应

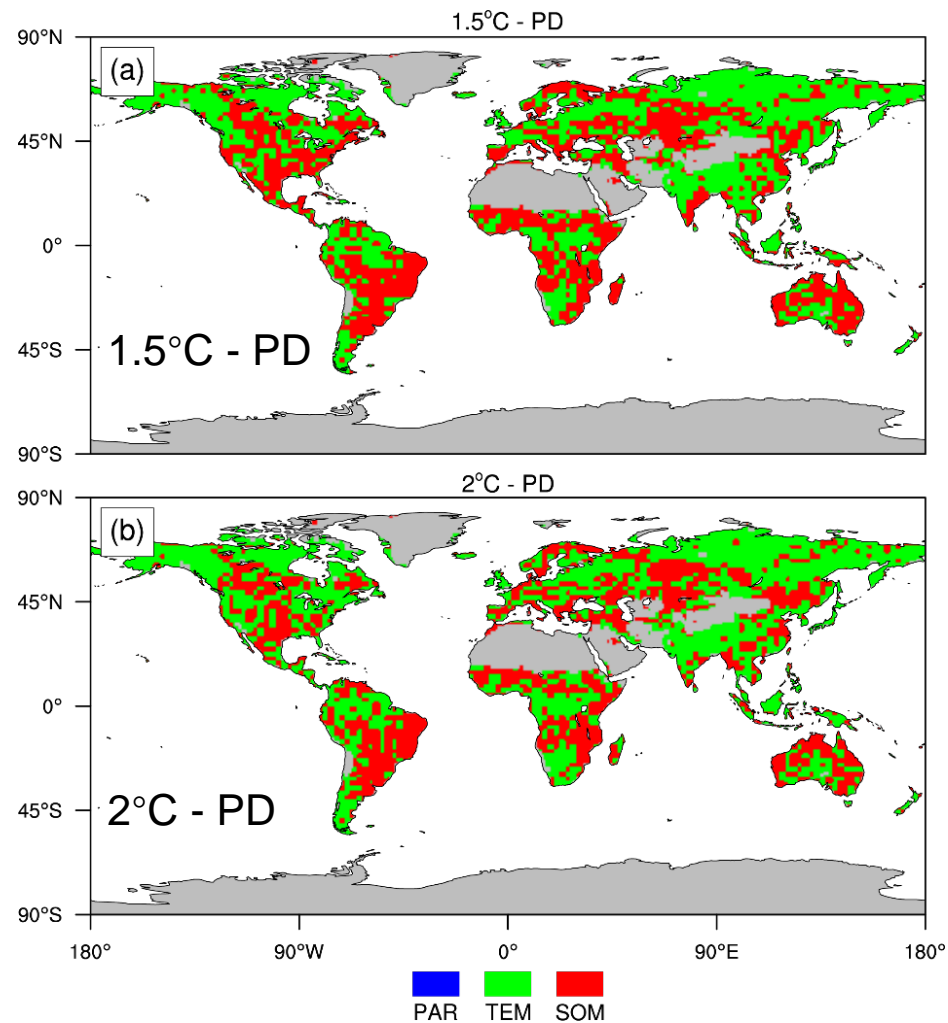
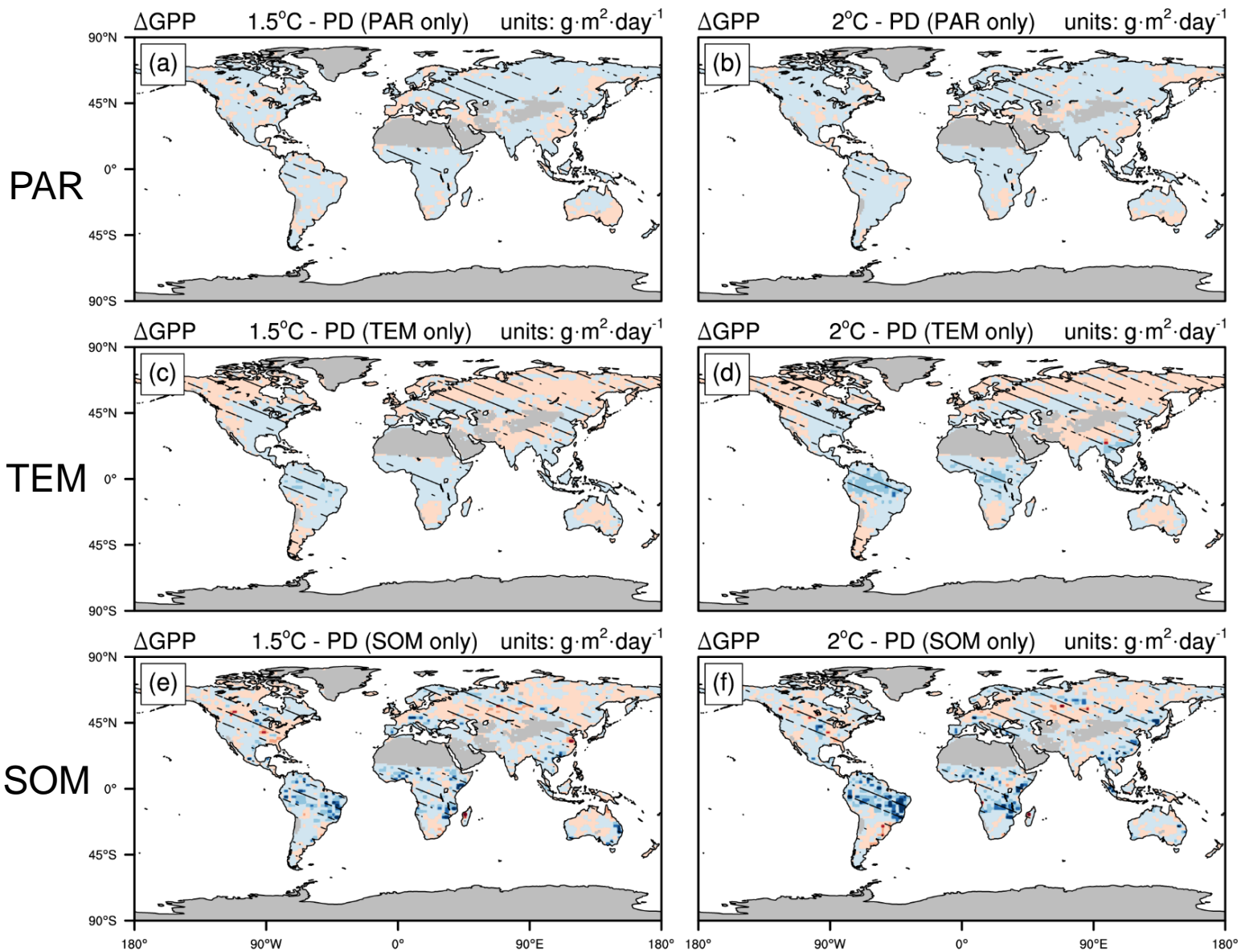


CO<sub>2</sub>施肥 > 慢响应 > 快响应  
 快/慢效应的空间分布类似，大小不同





# GPP对气象场变化响应的进一步细化



PAR TEM SOM

土壤湿度影响最大  
其次为温度场  
光合有效辐射几乎无影响



# 报告提纲

- 背景简介
- 资料与方法
- 陆地生产力对全球变暖的响应
- **结论与讨论**

# 结论和讨论

- 全球增暖1.5°C和2°C时GPP增加，增加主要的原因是由于**CO<sub>2</sub>的施肥效应**，尤其是在中低纬度，北半球高纬度则是由于**慢响应**导致的气象场变化
- 在气象强迫因子中，**相对湿度**和**温度**的变化是GPP的变化主要原因
- **增温2°C时GPP的变化是1.5°C时的2倍**
- 没有考虑**土地利用和土地覆盖**的变化，也没有考虑**气溶胶**排放的变化

**恳请各位老师同学批评指正**