



The 17th US-China Carbon Consortium Annual Meeting

蒙古高原草地生态系统呼吸模型对比与分析

汇报人：邹慧敏

Email: hmzou@mail.bnu.edu.cn

2021/7/31

中国 重庆

目·录

1 研究背景及意义

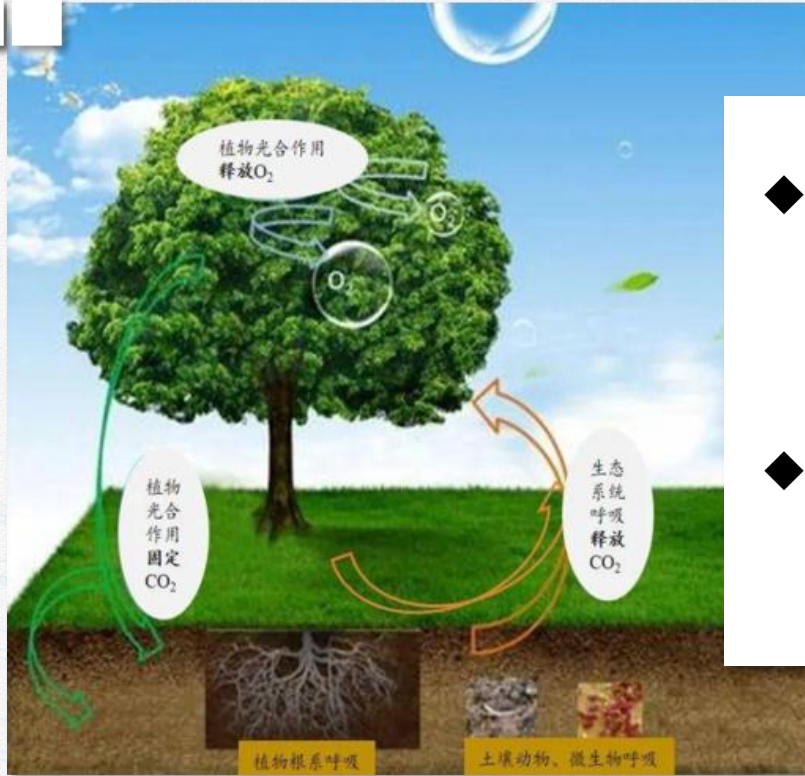
2 研究进展及问题

3 研究内容及目标

4 结论与讨论

5 下一步计划

研究背景及意义



- ◆ 生态系统呼吸是仅次于光合作用固碳的**第二大**碳交换变量，由植物的**自养呼吸**以及有机质降解等的**异养呼吸**组成
- ◆ 生态系统呼吸模拟的精确度对于**从NEE中解算GPP**具有重要意义

Chen, J (2021), Luo, Y and X Zhou (2006)



● 生态系统呼吸模型的发展

Van't Hoff

1884

Exponential function

Van't Hoff

1898

Q10 model
Temperature sensitivity

Arrhenius

1898

Arrhenius model
enzyme activity

Lloyd and Taylor

1994

Modified Arrhenius model

Concilio et al.

2005

加入soil moisture的指数函数

Khomik et al.

2009

Gamma model

Barr et al.

2002

Logistic model
“S” shape

Deforest et al.

2006

加入soil moisture的线性模型

Martin et al.

2009

多变量对数线性模型

Xu et al.

2011

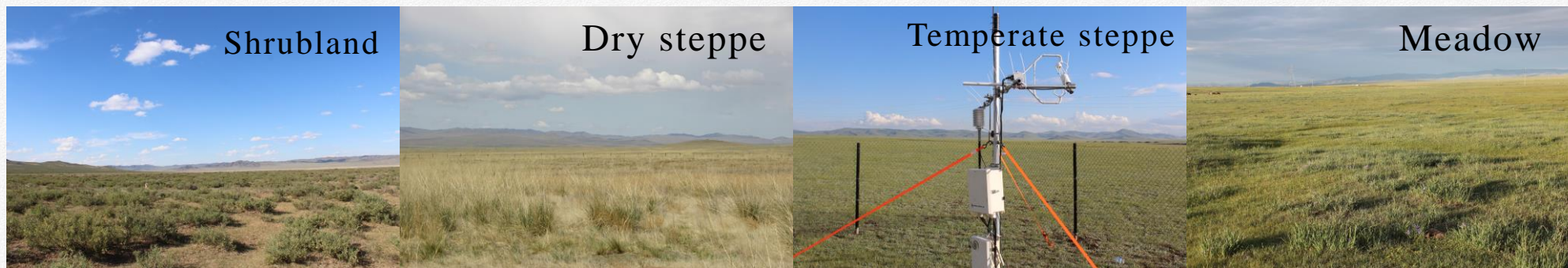
考虑Time series



	model	Land types	R²
Gulledge et al. (2000)	linear model, quadratic model, and asymptote model	taiga forests	0.25-0.51
Reichstein et al. (2002)	Q ₁₀ model, Lloyd-Taylor model, Michaelis–Menten type function and modified function	Mediterranean forests	0.54-0.83
Richardson et al. (2005)	multiple polynomial regression models	red spruce and eastern hemlock	0.36-0.74
Khomik et al. (2009)	Q ₁₀ model, Lloyd-Taylor model, logistic model, Gamma model	forest	0.25-0.69
Zeng et al.(2018)	Linear and nonlinear regression	grassland	0.53
Lai et al. (2012)	exponential and Arrhenius functions	grassland	0.56-0.81
Tomoko et al. (2008)	Univariate and bivariate models	graminaceous perennial grasses	0.13-0.74

研究内容及目标

- 以蒙古高原四个通量站点为例，收集并处理涡度通量塔的观测数据，分析**生态系统呼吸值及环境因子随时间的变化趋势**；
- 利用不同的呼吸模型模拟生态系统呼吸值，**对比分析不同模型在不同草地生态系统的模拟效果**，为更精确地从净生态系统碳交换中分离出总初级生产力奠定基础。



呼吸模型

Ts-only

$$R = R_{10} \cdot e^{E_0 \left[\frac{1}{56.02} - \frac{1}{T-227.13} \right]}$$

(Görres et al. 2015)

$$R = \frac{\alpha}{1 + e^{(\beta_0 - \beta_1 \cdot T)}}$$

(Barr et al. 2002)

$$R = T^\alpha \cdot e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot T}$$

(Khomik et al. 2009)

$$\ln(R) = \beta_0 + \beta_1 \cdot T + \beta_2 \cdot T^2 + \beta_3 \cdot \theta + \beta_4 \cdot \theta^2 + \beta_5 \cdot (T \cdot \theta) \quad (\text{Martin et al. 2009})$$

Soil moisture-included

$$R = R_0 \cdot e^{\beta_0 \cdot T} \cdot e^{\beta_1 \cdot \theta} \cdot \beta_2 \cdot T \cdot \theta$$

(Concilio et al. 2005)

DOY-included

$$R = \alpha \cdot e^{\beta_0 \cdot T} + \beta_1 \cdot (\theta - \beta_2)^2 + \beta_3 \cdot (DOY - \beta_4)^2$$

(Xu et al. 2011)

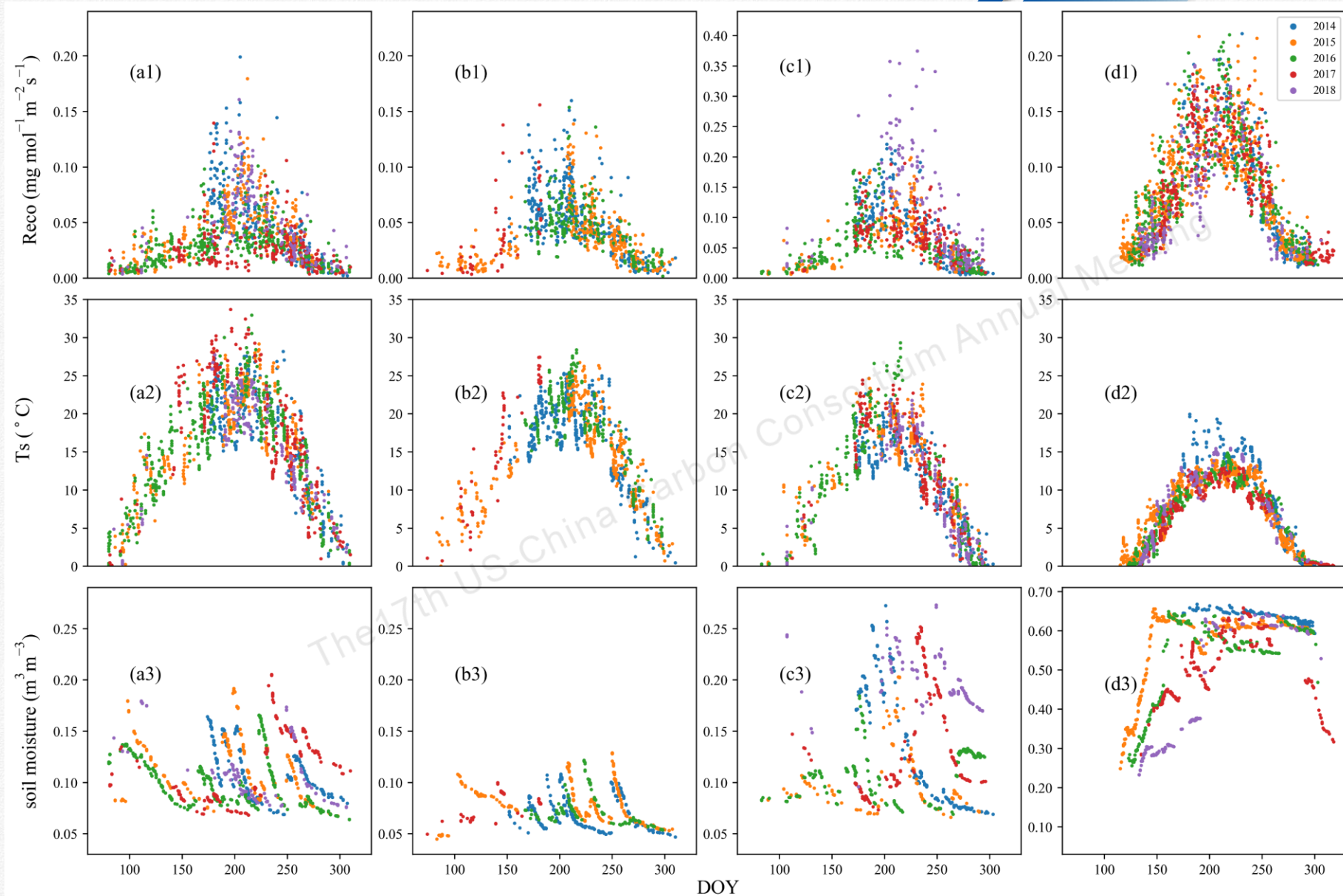


学为人师 行为世范

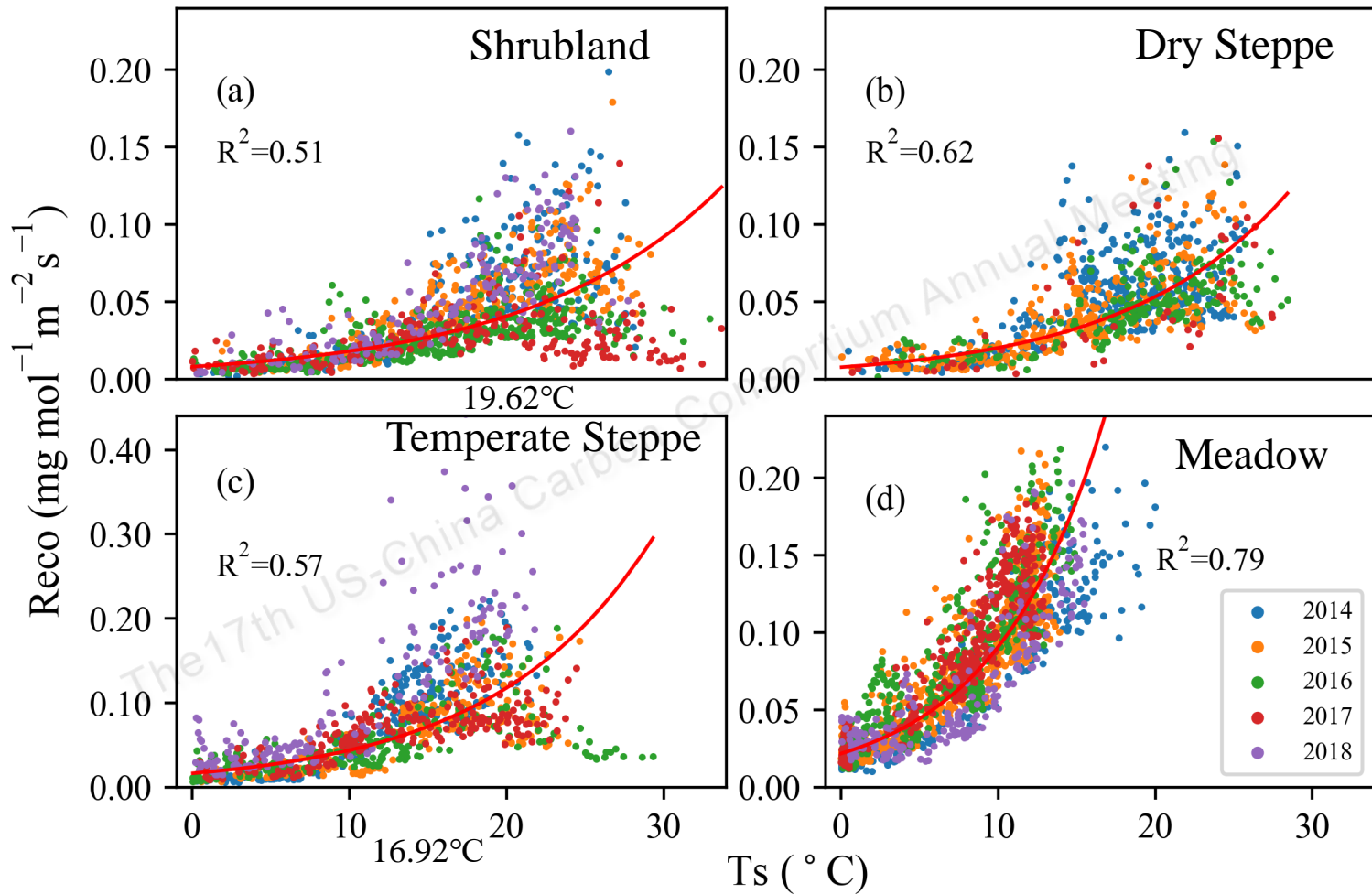
结果与讨论：生态系统呼吸、温度及土壤水分变化情况

◆ 生态系统呼吸与土壤温度均呈现**单峰值**变化趋势

◆ 土壤湿度呈现**多峰值**变化趋势，其中Meadow站的土壤湿度较大

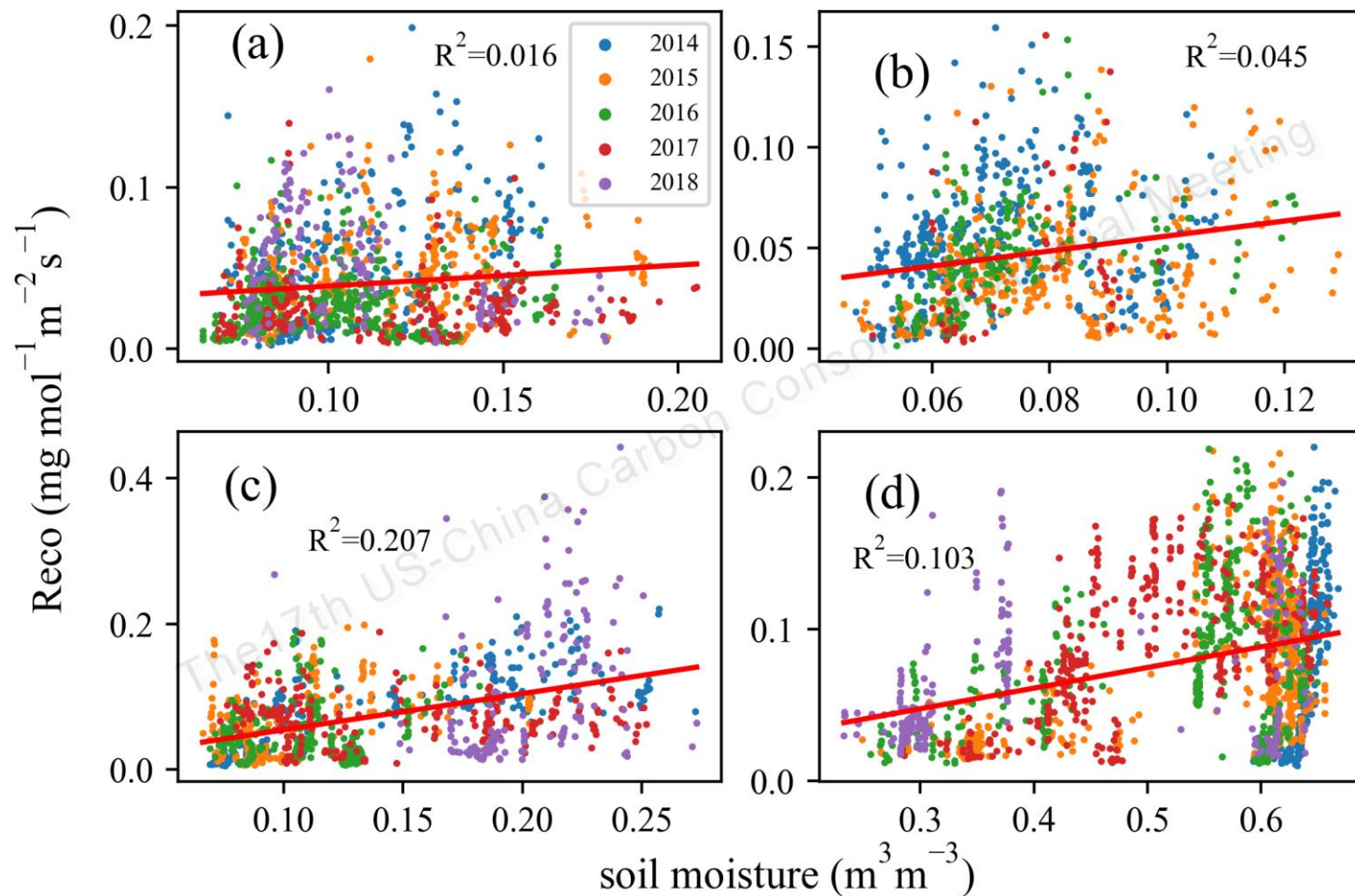


生态系统呼吸与温度的关系



- 不同生态系统呼吸对土壤温度的敏感性不同
- 同一站点不同年份也有所差异
- 超过一定的温度阈值，生态系统呼吸会受到抑制

生态系统呼吸与土壤水分的关系



- 不同生态系统呼吸与土壤水分并无明显关系
- 不同站点的土壤水分含量差异明显
- 同一站点不同年份也有所差异

Ts-only模型结果

➤ 三种模型在 Meadow 站的模拟效果较好, $R^2 > 0.79$

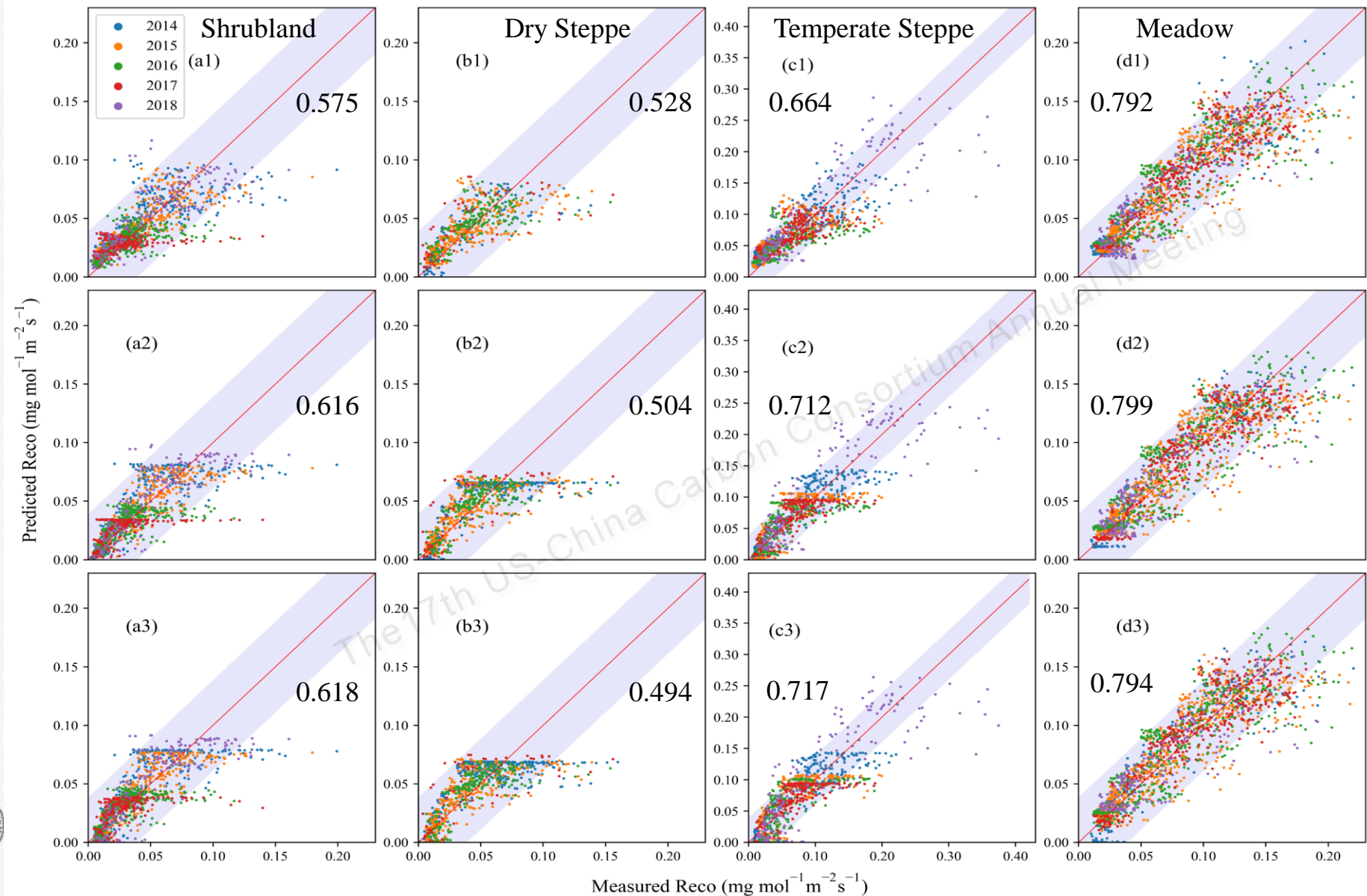
➤ Gamma模型的模拟效果优于Taylor和Logistic模型

➤ 实测呼吸值较高时, 模型会低估

Taylor

Logistic

Gamma

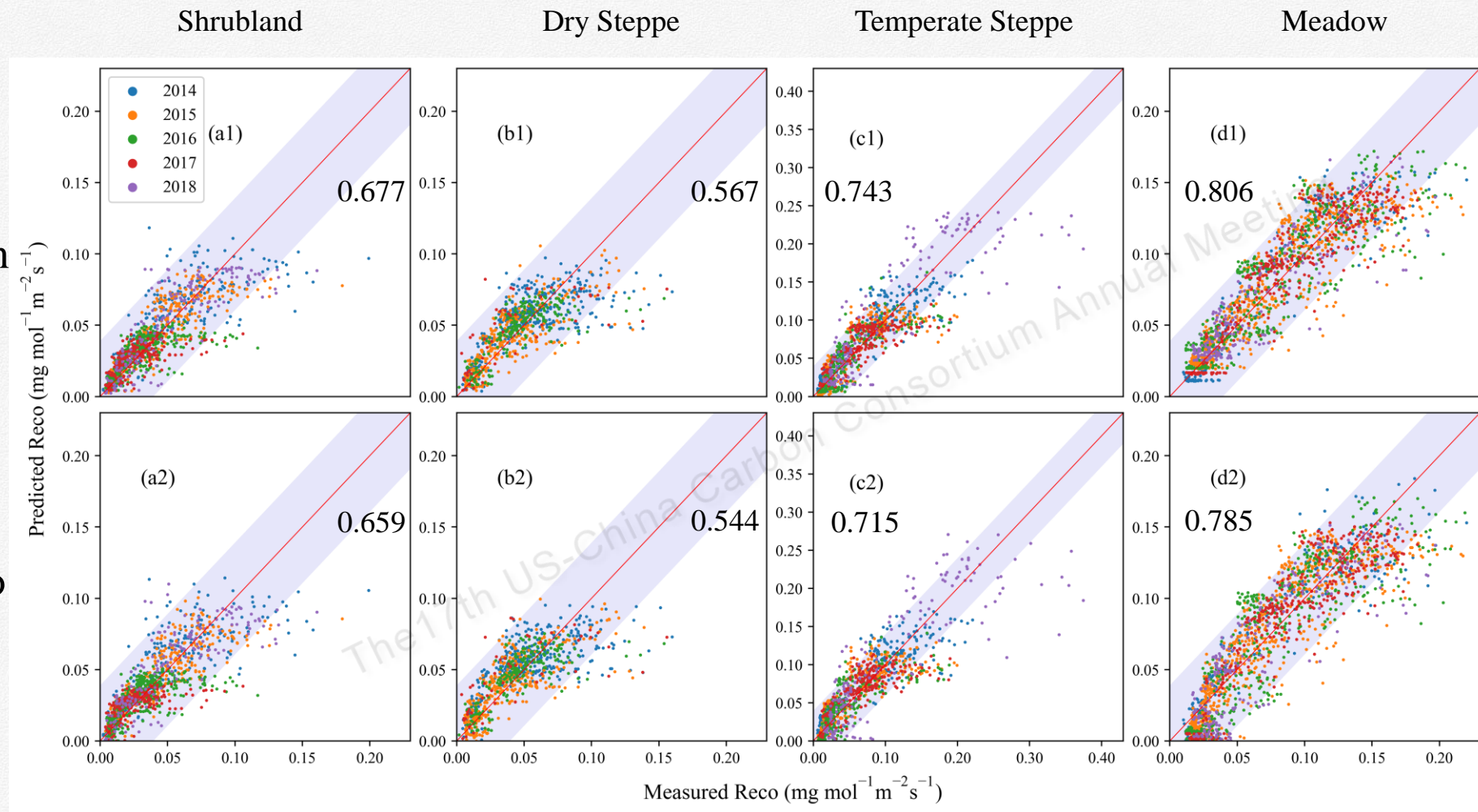


Soil moisture-included 模型结果

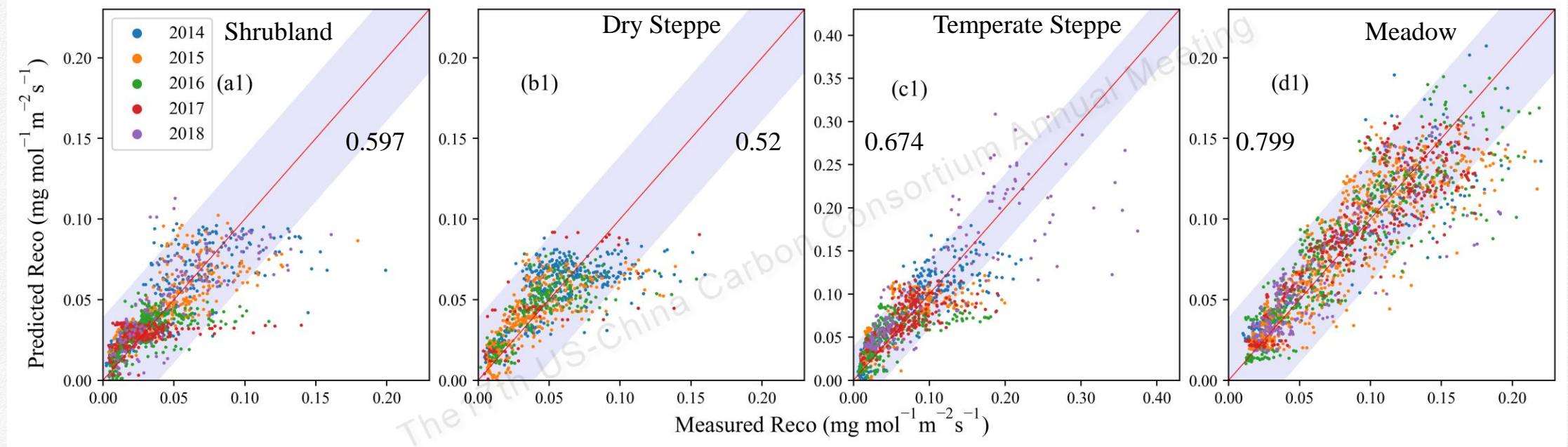
- Soil moisture-included模型的模拟效果优于Ts-only模型
- Martin模型的效果优于Concilio模型
- 模型的低估现象减弱

Martin

Concilio



DOY-included模型结果



- 相比于Soil moisture-included, DOY-included模型的模拟效果未明显提高
- DOY-included模型的模拟效果在meadow站优于Concilio模型

模拟结果

	Taylor		Logistic		Gamma		Martin		Concilio		Time series	
	OE	UE	OE	UE	OE	UE	OE	UE	OE	UE	OE	UE
DRY	5	9	7	11	7	11	5	8	6	9	6	10
Meadow	6	11	6	10	6	11	6	10	6	13	6	10
Shrub	3	8	3	7	4	7	2	7	2	7	3	7
Temp	7	11	7	9	5	10	5	8	6	9	6	10

OE: over-estimated; UE: under-estimated

- 某些生态系统呼吸高值可能由于大气湍流引起的，而非生态过程
- 非连续数据，部分影响生态系统呼吸的极端天气事件未能完全体现

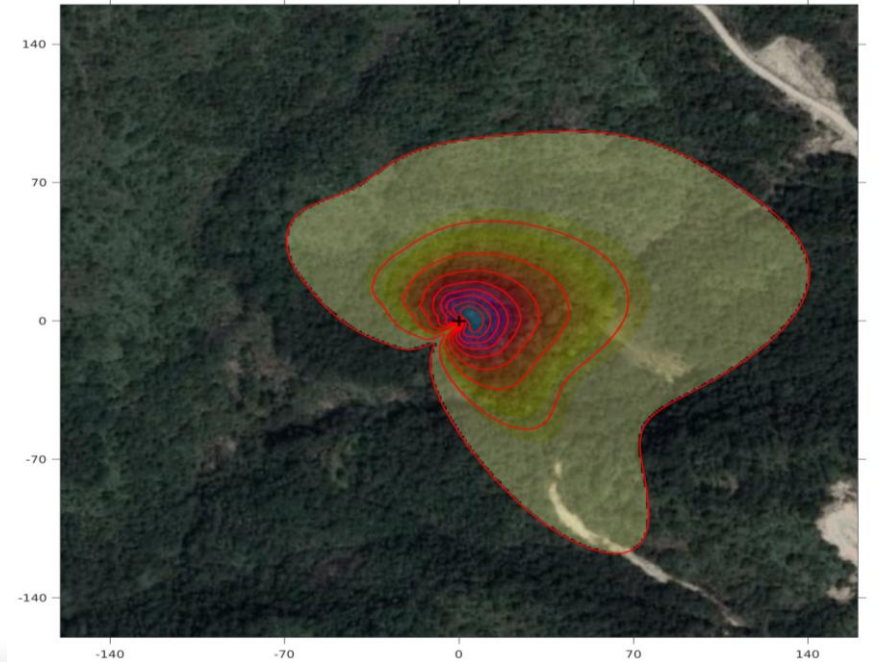
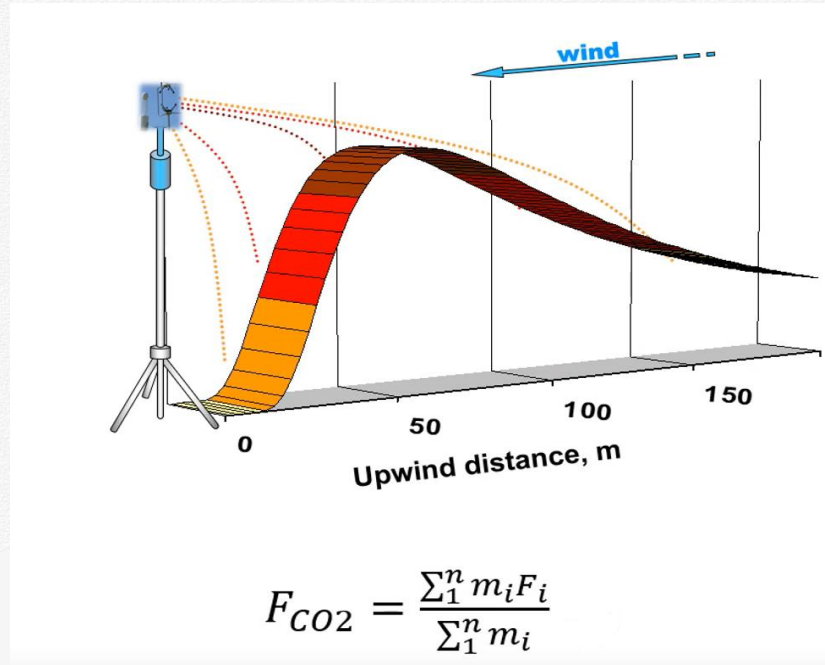
结论与讨论

当温度超过一定的**阈值**后, 生态系统呼吸会受到抑制(~16.05°C at dry steppe, ~15.03°C at meadow, ~19.62°C at **shrubland**, ~16.92°C at **temperate steppe**)

在蒙古高原四种不同的草地生态系统中, **Martin模型**的模拟效果最好 ($R^2 = 0.567$ at dry steppe; $R^2 = 0.806$ at meadow; $R^2 = 0.677$ at shrubland; $R^2 = 0.743$ at temperate steppe)
生态系统呼吸模型的估算精度约**50%-80%**

目前尚有**20%-50%**的生态系统呼吸值不能被现有的生态系统呼吸模型解释, 仍需探究**其他因子**的影响
下垫面异质性可能对生态系统呼吸产生影响, 可结合遥感植被指数与Footprint模型进行深入研究

下一步计划: Footprint model



A simple two-dimensional parameterisation for Flux Footprint Prediction (FFP) (Kljun et al., 2015.)

- 优点:
- 1、足迹长度和宽度
 - 2、足迹形状
 - 3、表面粗糙长度的影响

THANKS

请老师同学批评指正

感谢北京师范大学李香兰老师(Email:xlli@bnu.edu.cn)

团队的支持与帮助，感谢密歇根州立大学陈吉泉老师的指

导，感谢中国农业科学研究院邵长亮老师、山西大学董刚

老师提供数据支持。