



陝西師範大學
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY



第 17 届中美碳联盟年会
The 17th US-China Carbon Consortium Annual Meeting
(USCCC)

基于WRF气候模式的天山北坡不同灌溉模式 对区域气候的影响

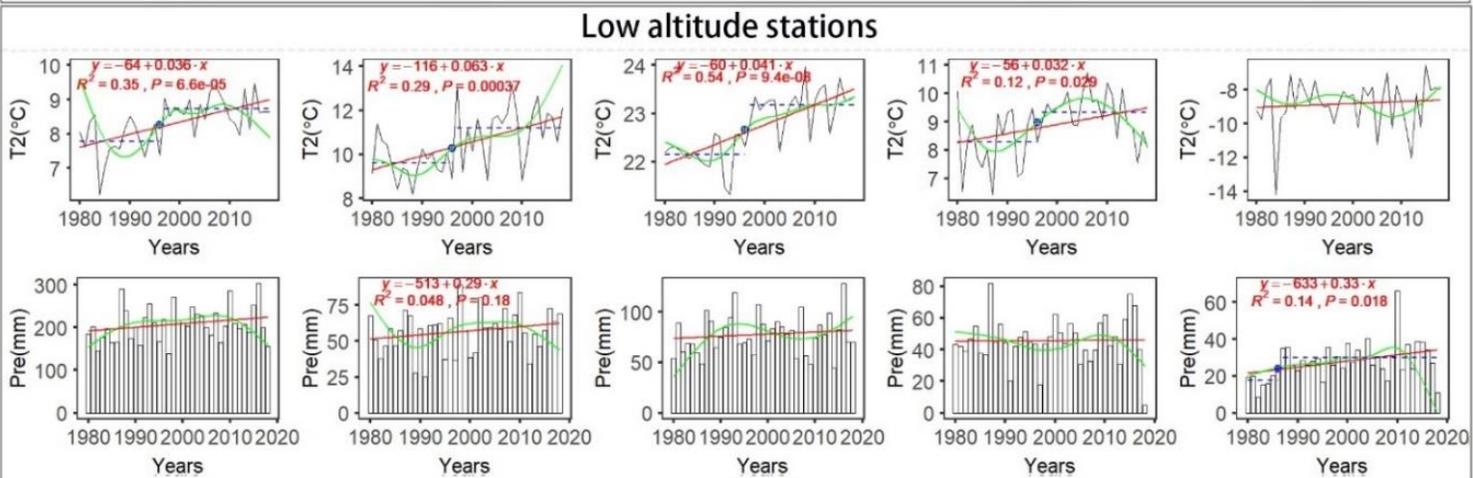
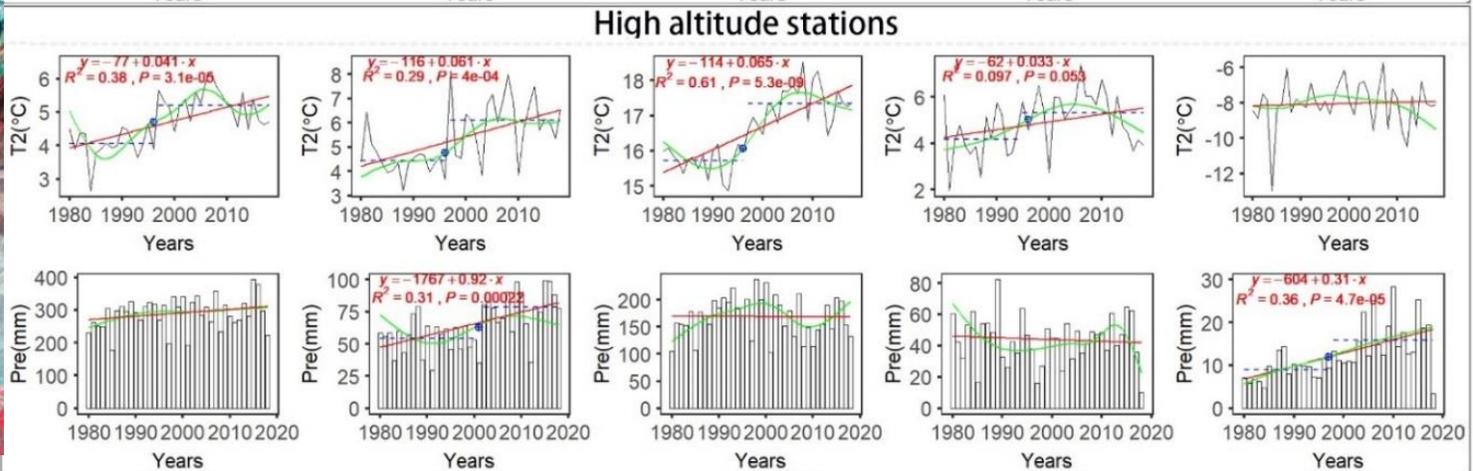
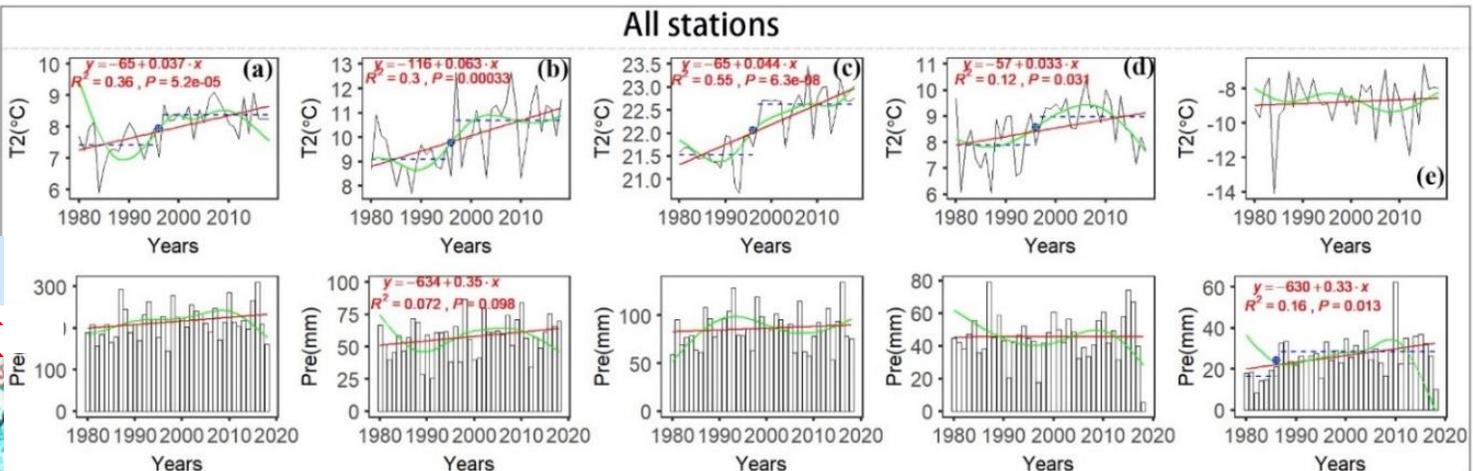
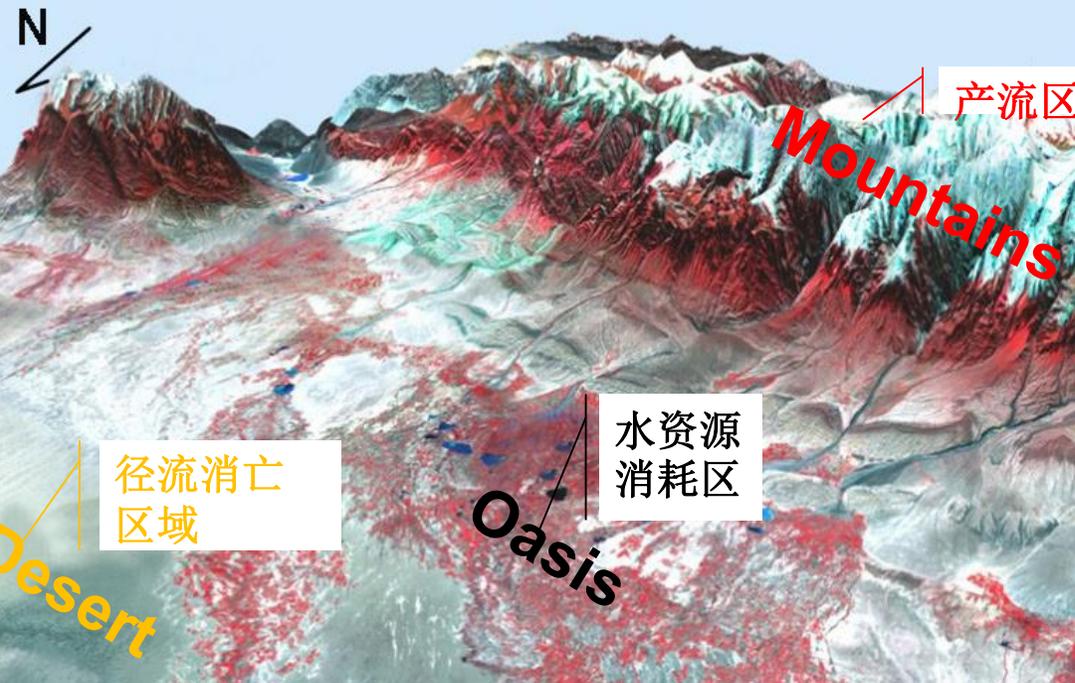
汇报人：张苗 助理研究员
2021.07.31 重庆



師



区域气候变化



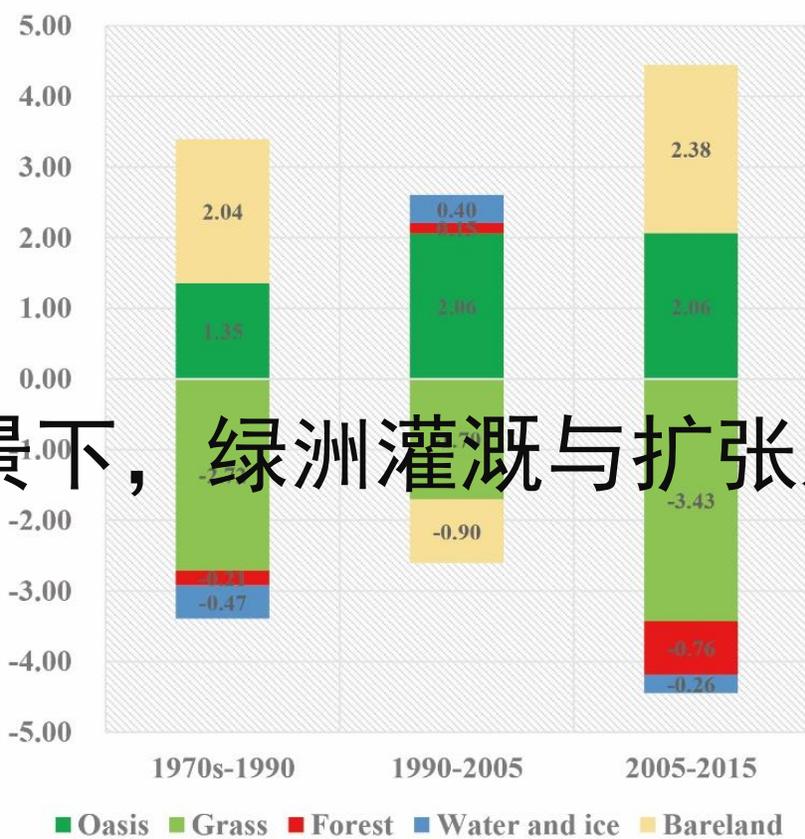
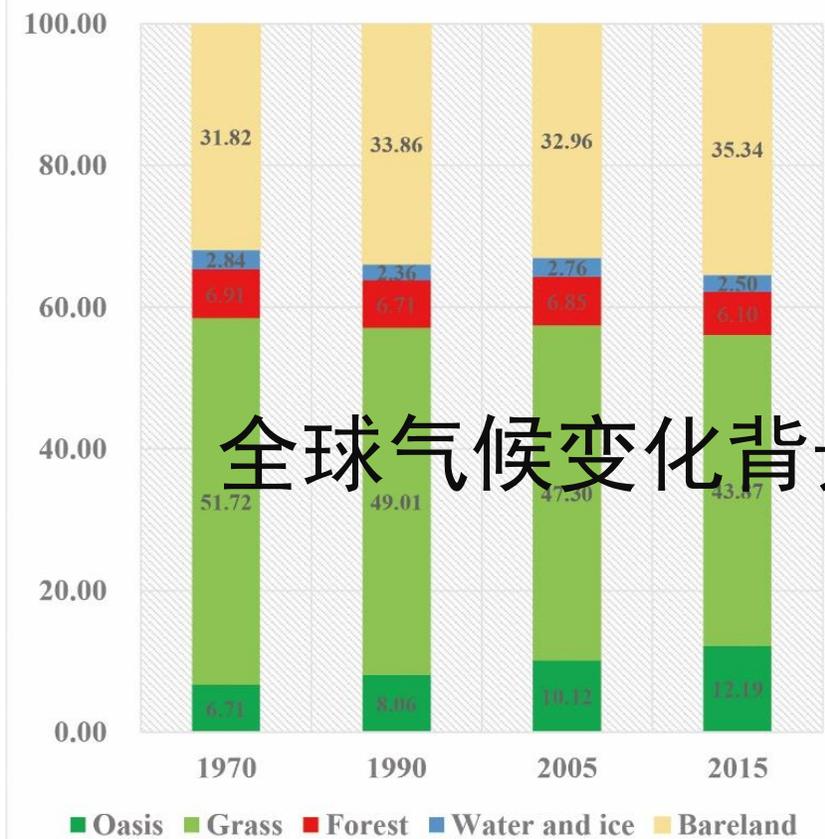
- 山盆地形地貌结构；
- 区域温度和降水均呈现阶梯状波动增长趋势，以山区最为显著；
- 温度升高在年际、春季、夏季、秋季均显著；
- 降水仅在山区的春季、冬季显著，其它时间和区域不显著



研究背景-人类活动



全球气候变化背景下，绿洲灌溉与扩张对区域气候的贡献？



- 传统低效的漫灌向节水高效的滴灌转变
- 从1970s以来，LULCC主要变现为灌溉绿洲的扩张，1970~2015年灌溉绿洲扩张4.23倍
- 显著的生态问题：荒漠植被破坏、内陆河流断流、尾间湖泊萎缩或消失

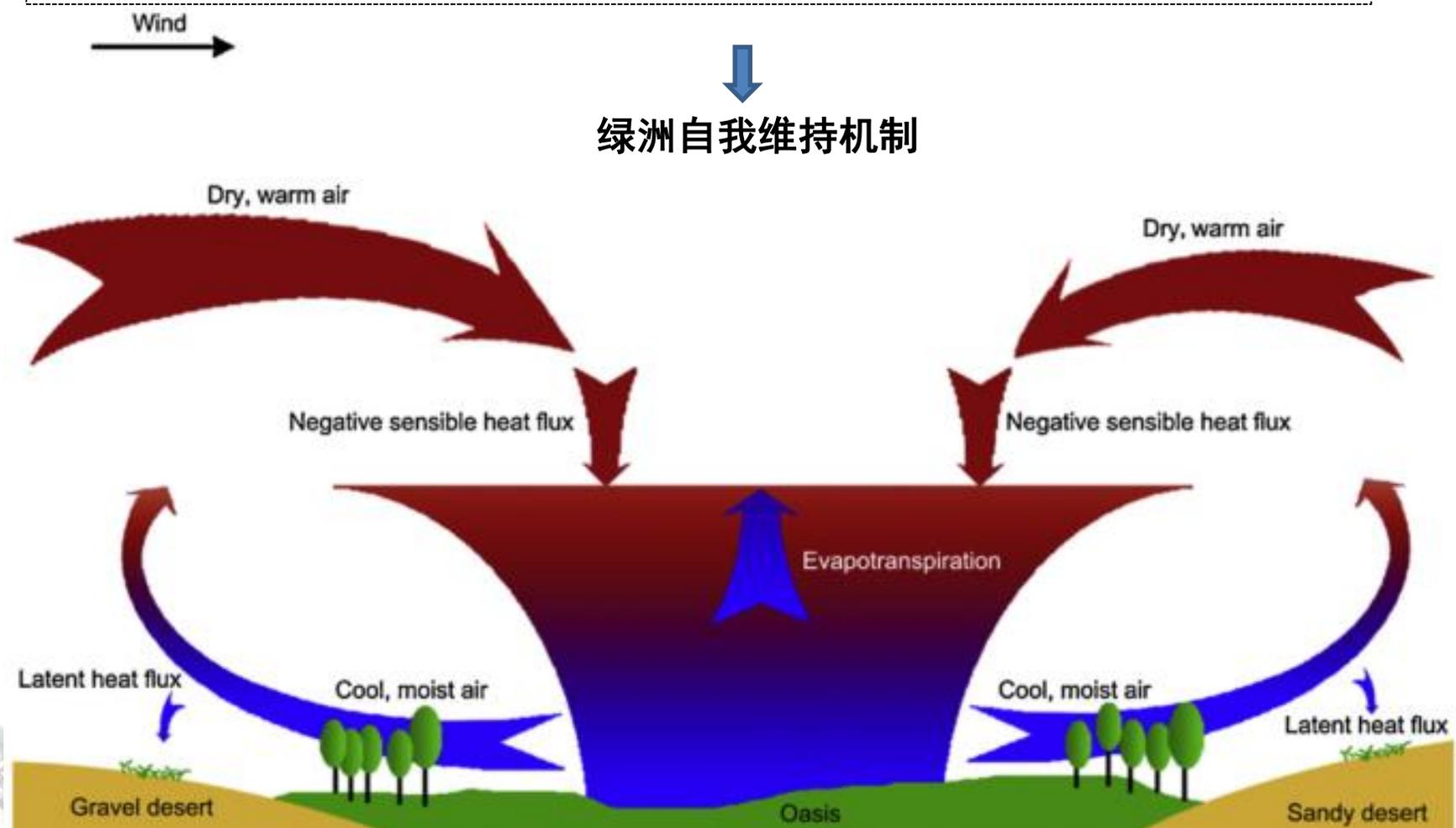


研究现状-绿洲效应



師

绿洲冷湿岛效应 → 绿洲风环流 (OBC) → 荒漠逆湿&绿洲逆温



(Li Xin et al., 2016)



科学问题与技术瓶颈



師

師

- 仅仅通过观测无法识别全球气候变化和区域土地利用/覆被变化各自的贡献。
 - 数值情景模拟是有效的途径，但大多数气候模式对干旱区灌溉的表征基本不适用于干旱区水资源约束下的灌溉过程。
-
- ◇ RQ1: 区域气候模式WRF对各种真实基础陆面数据的敏感性?
 - ◇ RQ2: 如何在WRF实现漫灌与滴灌溉生态水文过程描述与表征?
 - ◇ RQ3: 灌溉对山地-绿洲-荒漠系统的水热格局影响是怎样的?
 - ◇ RQ4: 绿洲扩张和灌溉对区域气候变化的贡献及其背后机理?

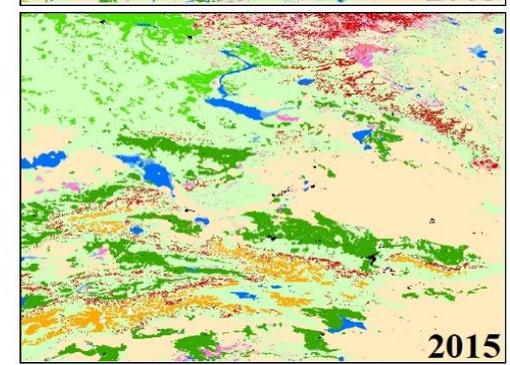
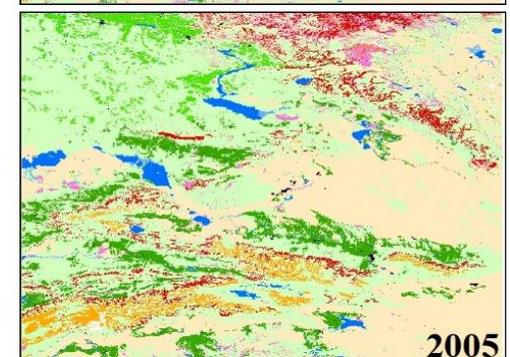
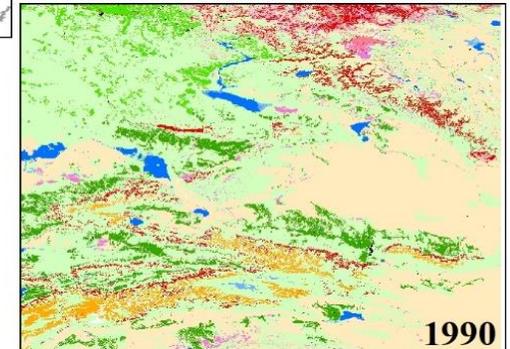
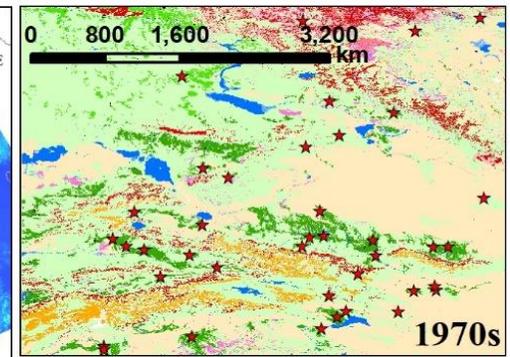
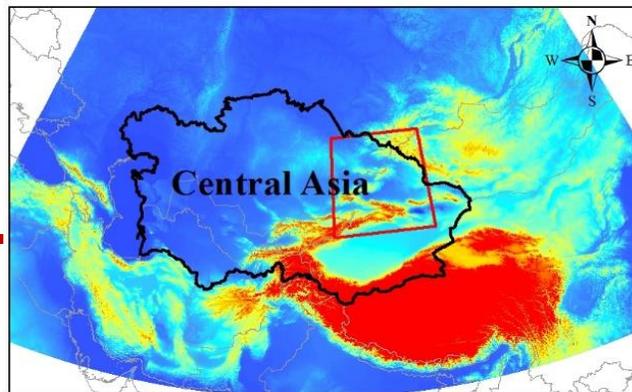


研究方法

区域气候模式WRF

- 气候驱动数据: ERA-Interim, 6-hour

物理过程	所使用框架
边界层	Yonsei University (YSU)
微物理	WRF Single Moment-3 (WSM3)
积云	Kain-Fritsch Scheme
长波辐射	Community Atmospheric Model (CAM)
短波辐射	Community Atmospheric Model (CAM)
陆面过程	Noah



- Urban and Built-Up Land
- Dryland Cropland and Pasture
- Irrigated Cropland and Pasture
- Cropland Grassland Mosaic
- Grassland
- Shrubland
- Mixed Shrubland/Grassland
- Deciduous Broadleaf Forest
- Deciduous Needleleaf Forest
- Evergreen Broadleaf Forest
- Evergreen Needleleaf Forest
- Mixed Forest
- Water Bodies
- Herbaceous Wetland
- Wooded Wetland
- Barren or Sparsely Vegetated
- Bare Ground Tundra
- Snow or Ice
- ★ Meteorological observation station



RQ1:区域气候模式WRF对各种真实基础陆面数据的敏感性?



- 逐步使用真实的遥感数据替换WRF内嵌 过时的land use (LC), albedo, leaf area index (LAI), green vegetation fraction (GVF)
- 模拟时长: 2010和2012年7月
- 分析气候要素: 2-m temperature (T2), 2-m relative humidity (RH), latent heat flux (LE), Wind speed (WS) and Wind direction(WD)

RQ1: 区域气候模式WRF对各种真实基础陆面数据的敏感性?

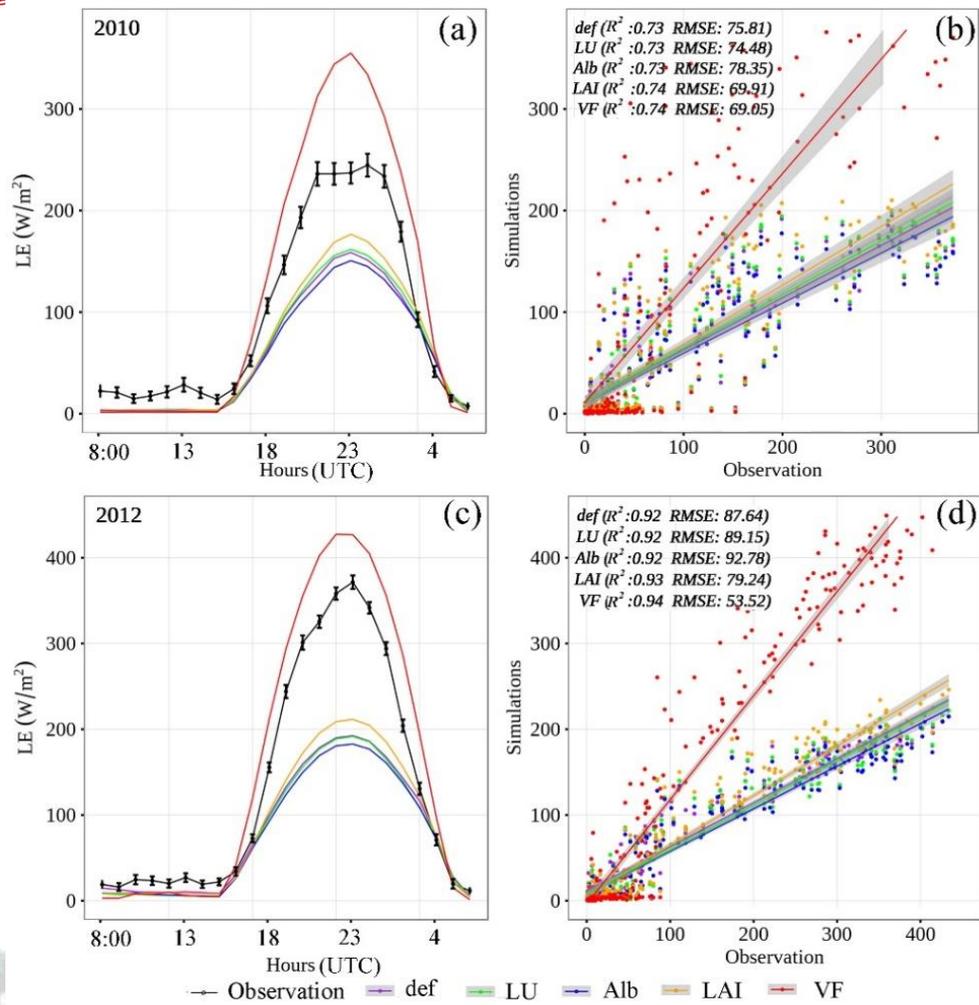
潜热通量 (LE)验证

R^2 (决定系数) 逐步增加;

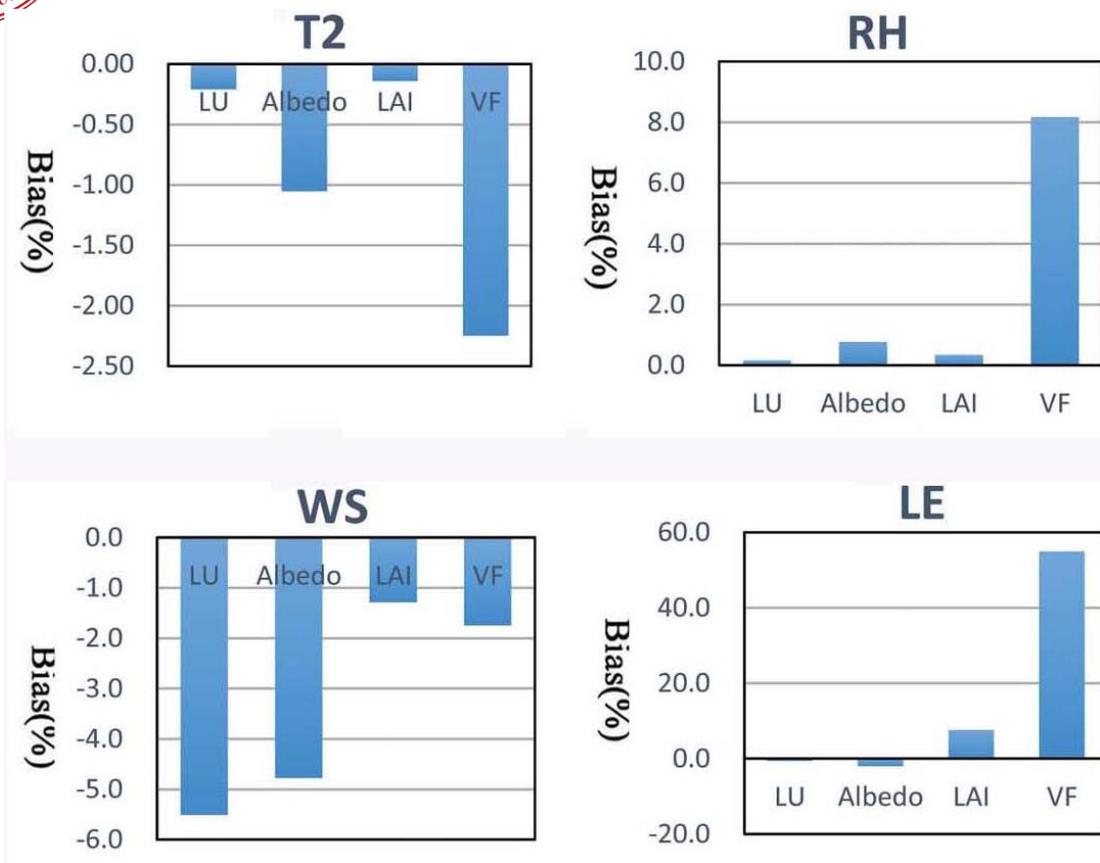
RMSE (root-mean-square error) 逐步减少,

WRF模拟性能逐步提高

尤其是VF情景模拟对模型模拟能力的提高最大。



RQ1:区域气候模式WRF对各种真实基础陆面数据的敏感性?



使用真实的绿色植被比率数据对模型模拟温度，湿度和潜热误差校正贡献比率分别为62%，87%和92%。

图. 各个真实陆面参数对模型偏移校正的比率.



RQ2: 如何在WRF实现漫灌与滴灌溉生态水文过程描述与表征? --漫灌



$$SM_2 < SM_{wp} + N * (SM_{max} - SM_{wp})$$

SM_2 (10-40cm) : Noah 陆面过程中土壤第二层湿度含量, SM_{wp} : 萎蔫点土壤湿度含量, SM_{max} : 最大土壤湿度含量。

当 SM_2 符合以上公式的时候, 维持 SM_1 饱和约一个小时在北京时间10:00, 深层土壤湿度水分下渗等过程的影响。

N值, 在本研究中分别设置 50%(flood1), 55%(flood2), 60%(flood3), 由本地漫灌配额总量控制, 经过模拟验证确定N=55%为本地漫灌最为符合的比值。

校订年份: 干旱年份 (1991) 与湿润年份 (1988)

没有加入漫灌过程 (CTL1)



RQ2: 如何在WRF实现漫灌与滴灌溉生态水文过程描述与表征? --滴灌



在 Noah 陆面过程中, 土壤湿度对蒸散的限制受冠层抗性 R_c 控制 (Chen and Dudhia, 2001)

$$R_c = \frac{R_{cmin}}{LAI \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4}$$

R_{cmin} : 最小冠层抗性,

LAI : 叶面积指数,

F_1 : 太阳辐射影响因子,

F_2 : 水蒸气影响因子 (干空气影响因子),

F_3 : 温度影响因子 (热影响)

F_4 : 土壤湿度影响因子.

所有的影响因子取值均为 0~1, 1 代表植被蒸散受最小的冠层抗性



RQ2: 如何在WRF实现漫灌与滴灌溉生态水文过程描述与表征? --滴灌



参考前人研究 (Evans and Zaitchik, 2008), 我们计算两次冠层抗性, 一次 F_4 按照当前土壤湿度决定, 另一次设置 $F_4 = ?$ 以确保土壤湿度对作物蒸散不产生胁迫。

$$E_{shortage} = E_{normal} - E_{stressed}$$

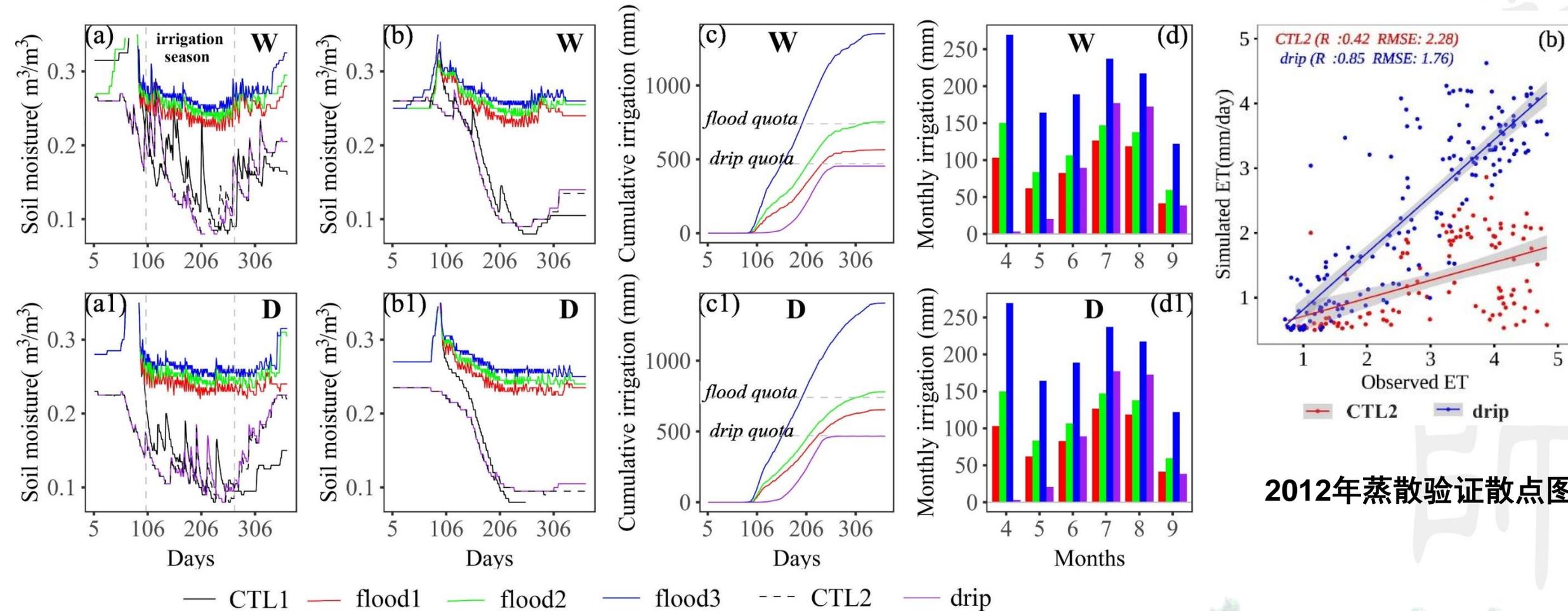
二次结果的差异, 为所需灌溉量, 从而也能在一定程度上反应作物的缺水状态。

加入灌溉过程 (drip) 和没有加入灌溉过程 (**CTL2**)

校订年份: 干旱年份 (2008) 与湿润年份 (2012)



RQ2: 如何在WRF实现漫灌与滴灌溉生态水文过程描述与表征? --灌溉模块验证

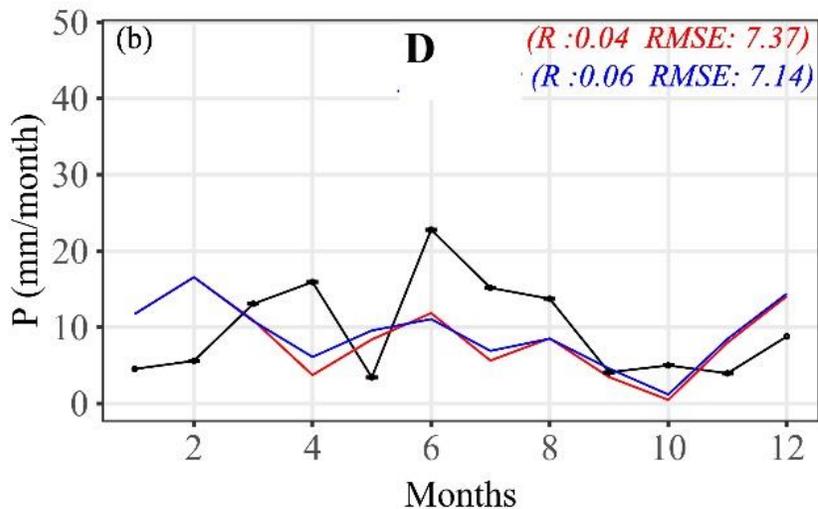
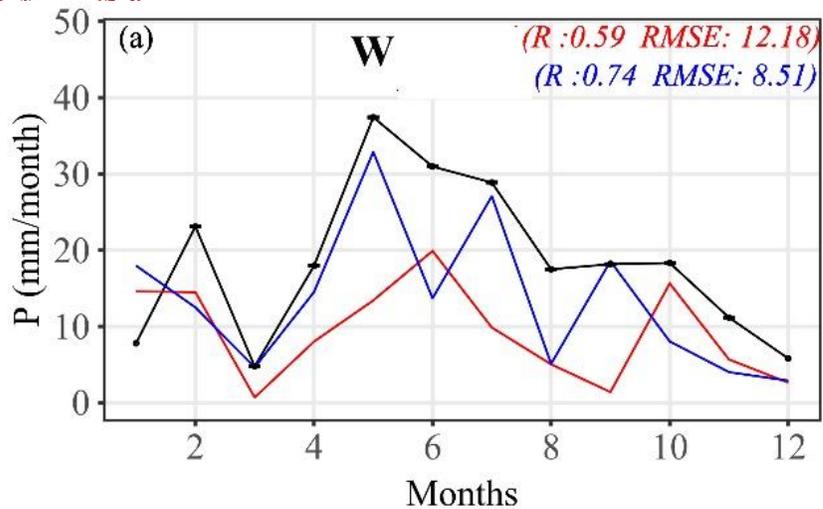


2012年蒸散验证散点图

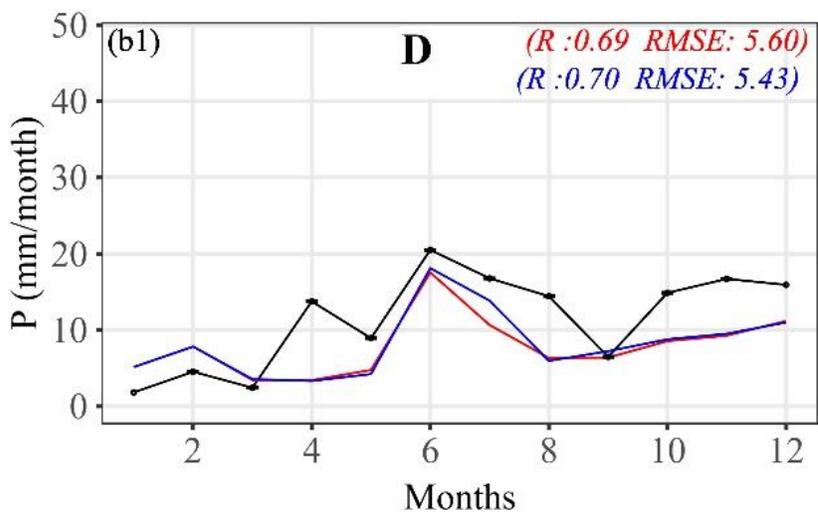
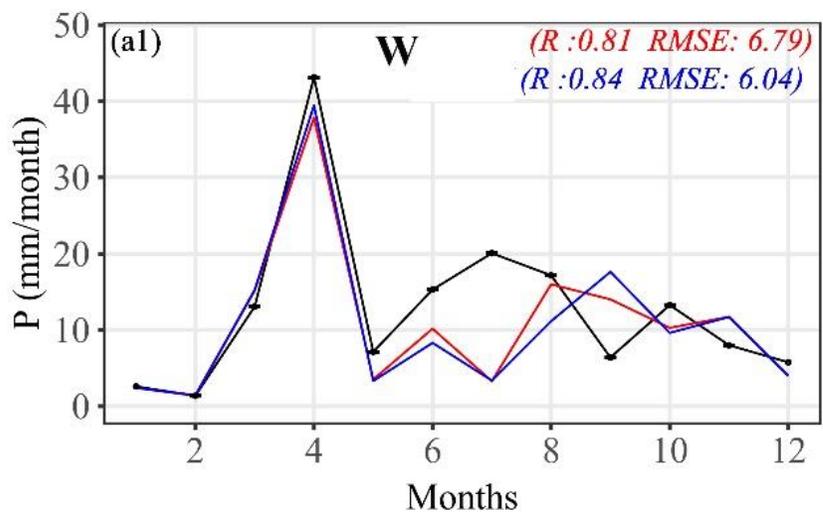
在湿润年份与干旱年份：第一层土壤湿度剖面、第二层土壤湿度剖面、年累计灌溉量的变化、月灌溉量



RQ2: 如何在WRF实现漫灌与滴灌溉生态水文过程描述与表征? --灌溉模块验证



湿润与干旱年份月降水趋势对比

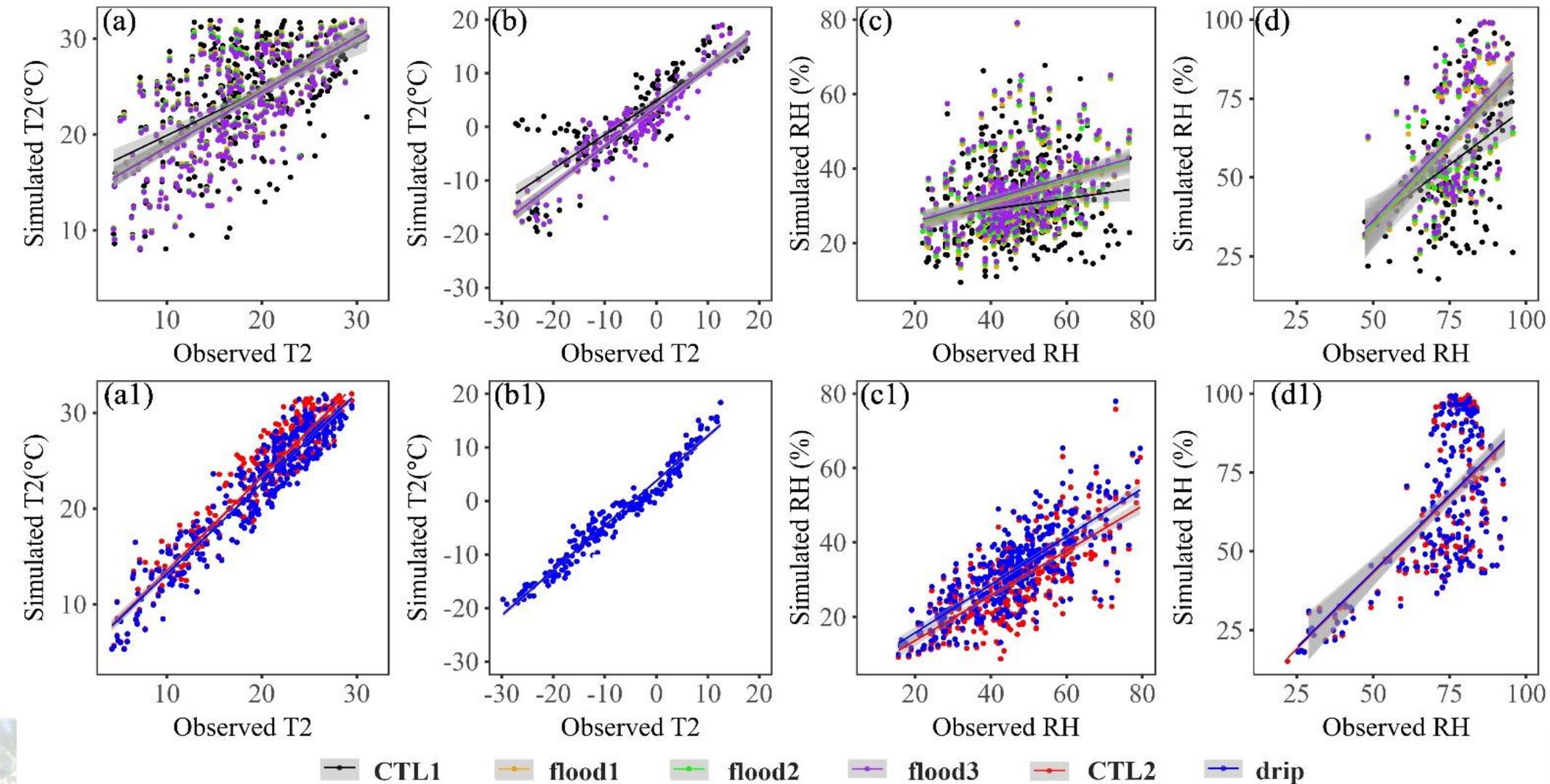




RQ2: 如何在WRF实现漫灌与滴灌溉生态水文过程描述与表征? --灌溉模块验证

師

師



各模拟生长季与非生长季温度和湿度验证散点图



RQ3:灌溉对山地-绿洲-荒漠系统的水热格局影响? —灌溉绿洲区域

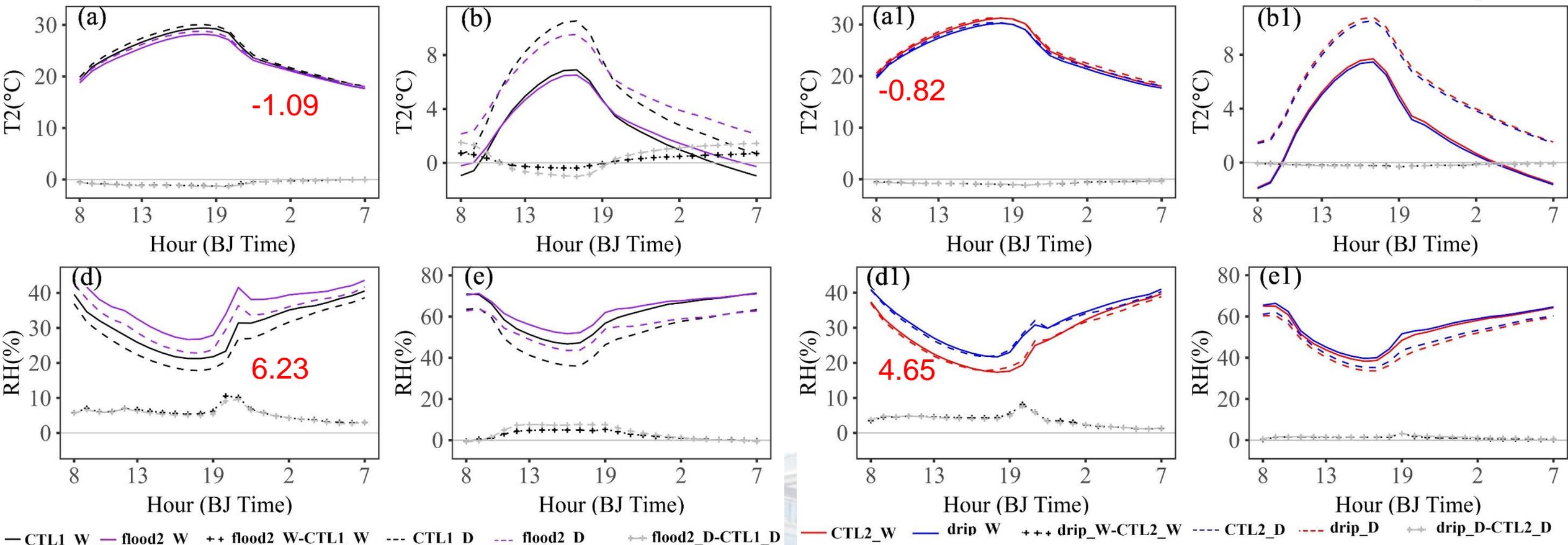
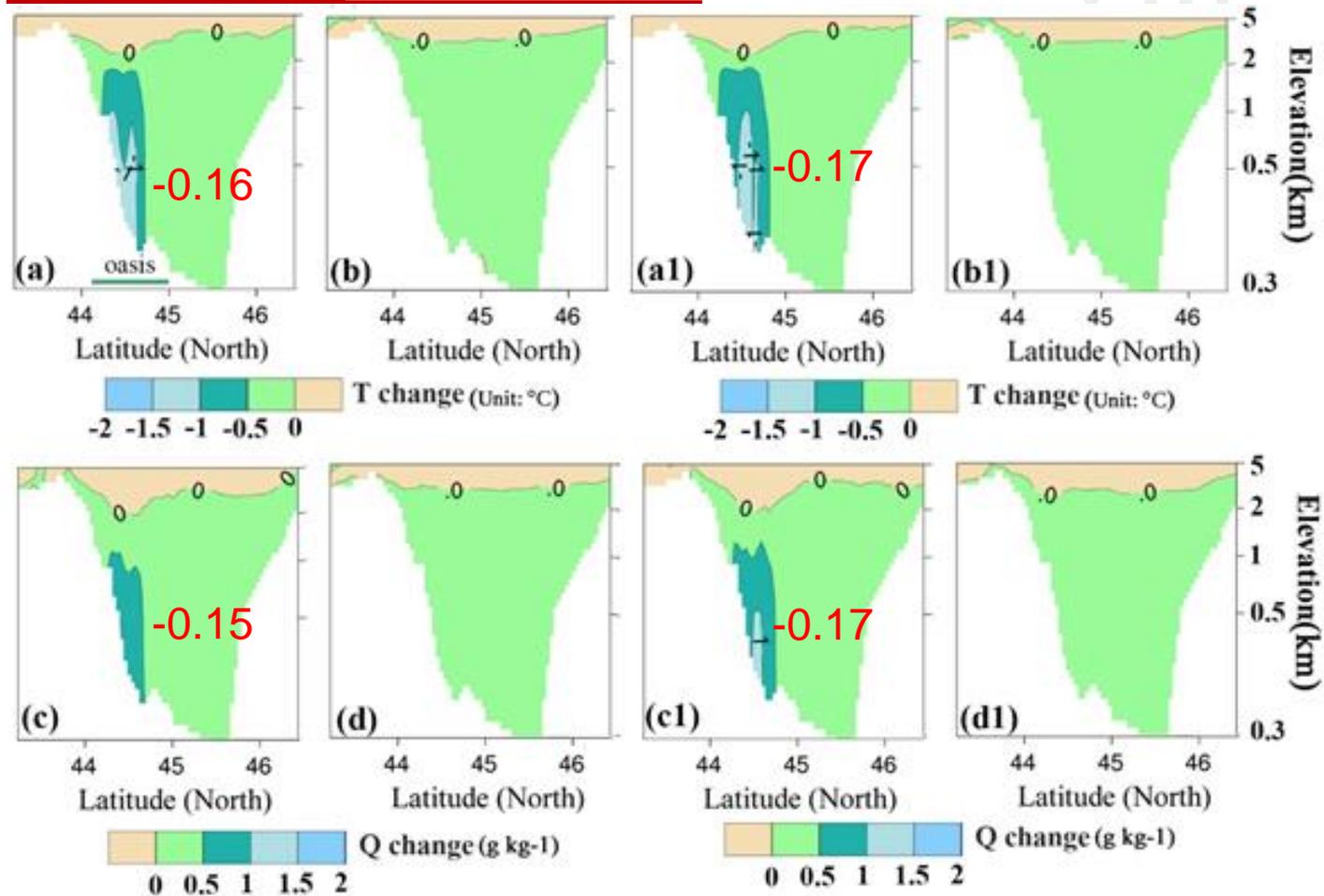
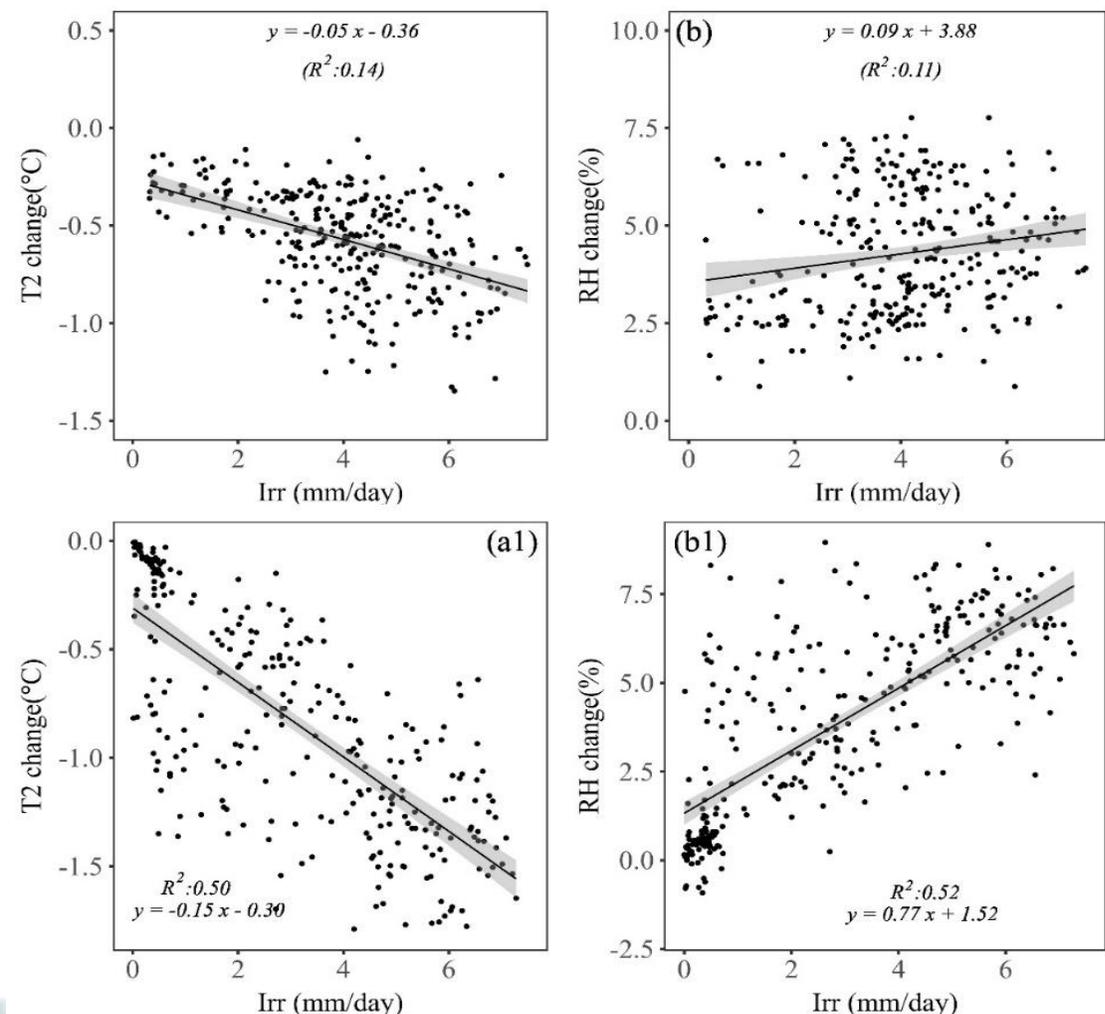


图. a, b, d, e分别表示漫灌与无灌溉过程模拟的灌溉季、非灌溉季年均气温 (T2)和相对湿度(RH)昼夜循环变化;
a1, b1, d1, e1分别表示滴灌与无灌溉过程模拟的对应要素昼夜循环变化。



RQ3:灌溉对山地-绿洲-荒漠系统的水热格局影响? —整个山地-绿洲-荒漠区域

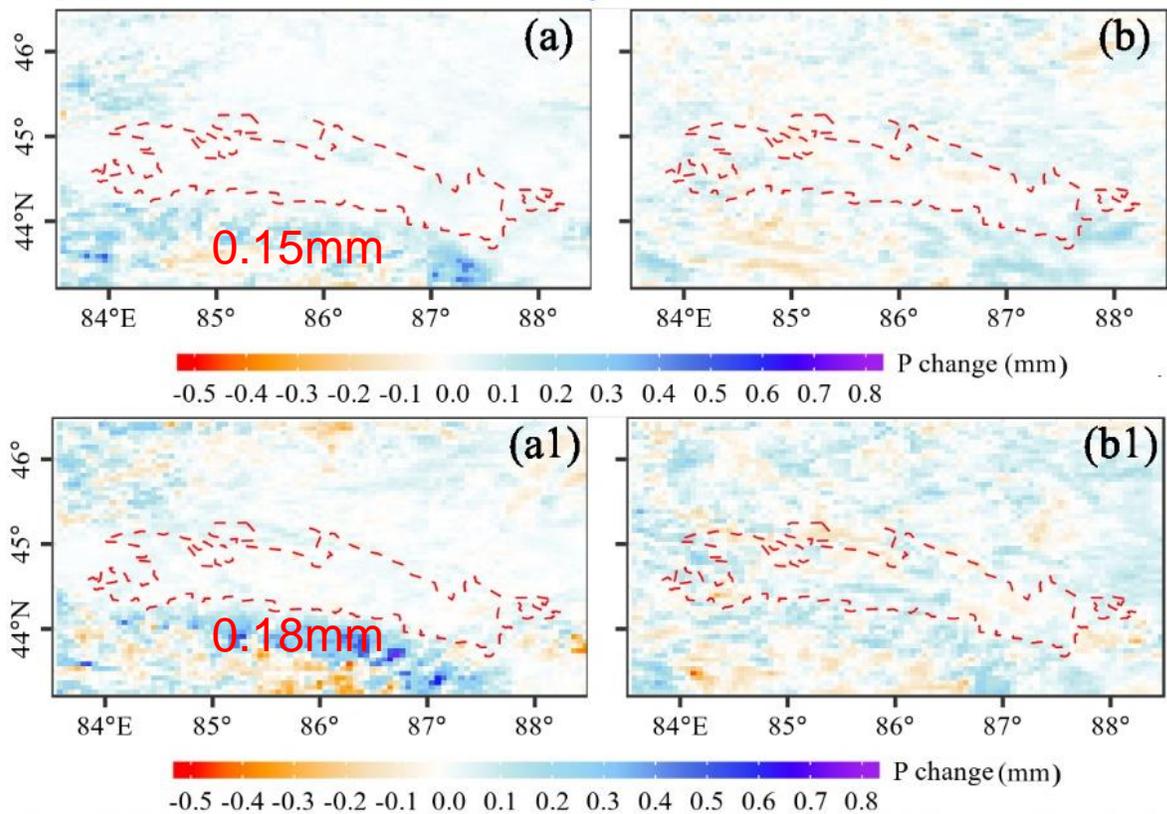


上图：漫灌和滴灌导致的2m温湿变化率。

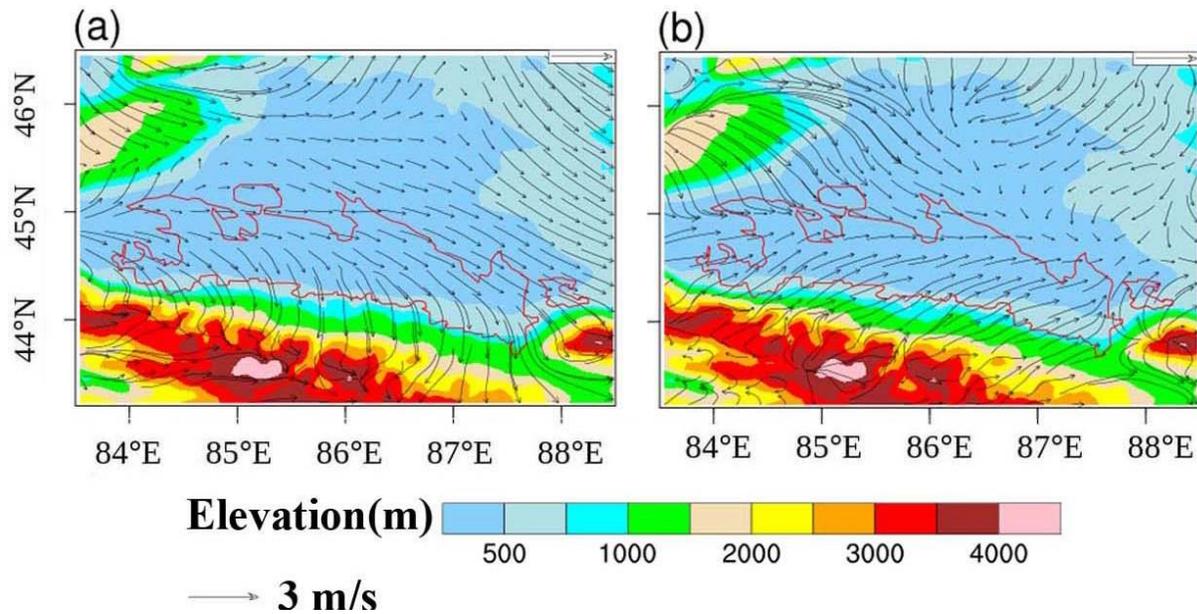
上图： a, b, c, d分别表示漫灌对昼夜温度、湿度的影响；
a1, b1, c1, d1分别表示滴灌的影响



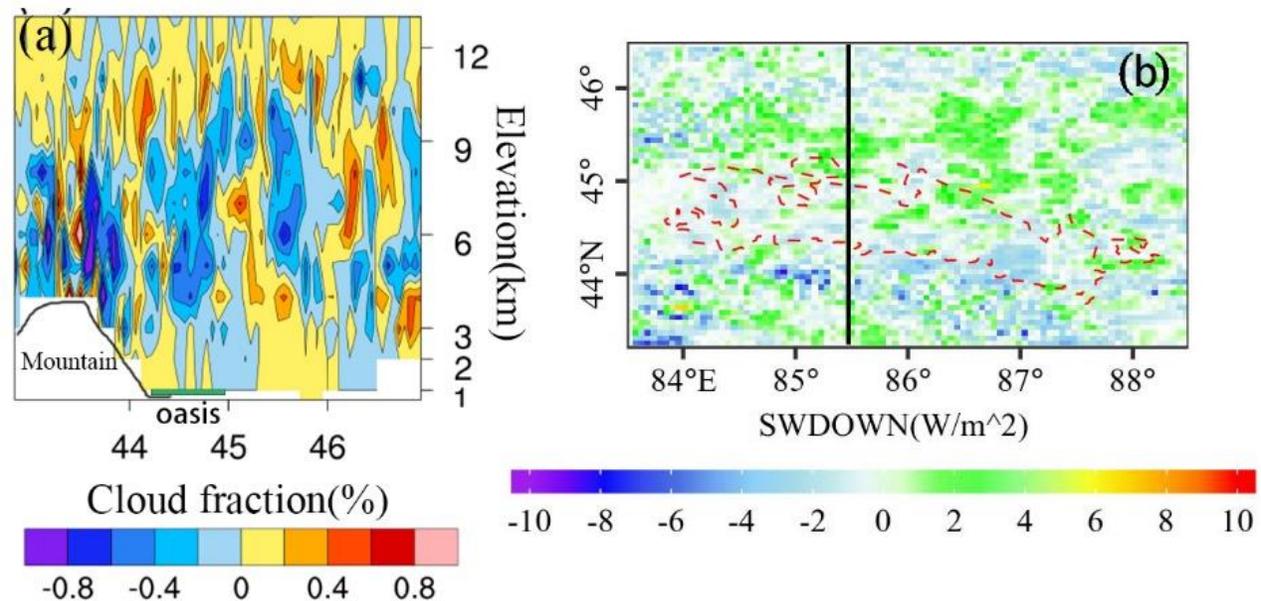
RQ3:灌溉对降水格局影响?



左图：a, b分别表示漫灌导致的降水在白天和晚上的变化；a1, b1表示滴灌导致的降水昼夜变化



上图:a, b分别表示山盆平均10-m水平风速与风向状态。



上图：a, b分别表示白天漫灌导致的云量和向下短波辐射变化。

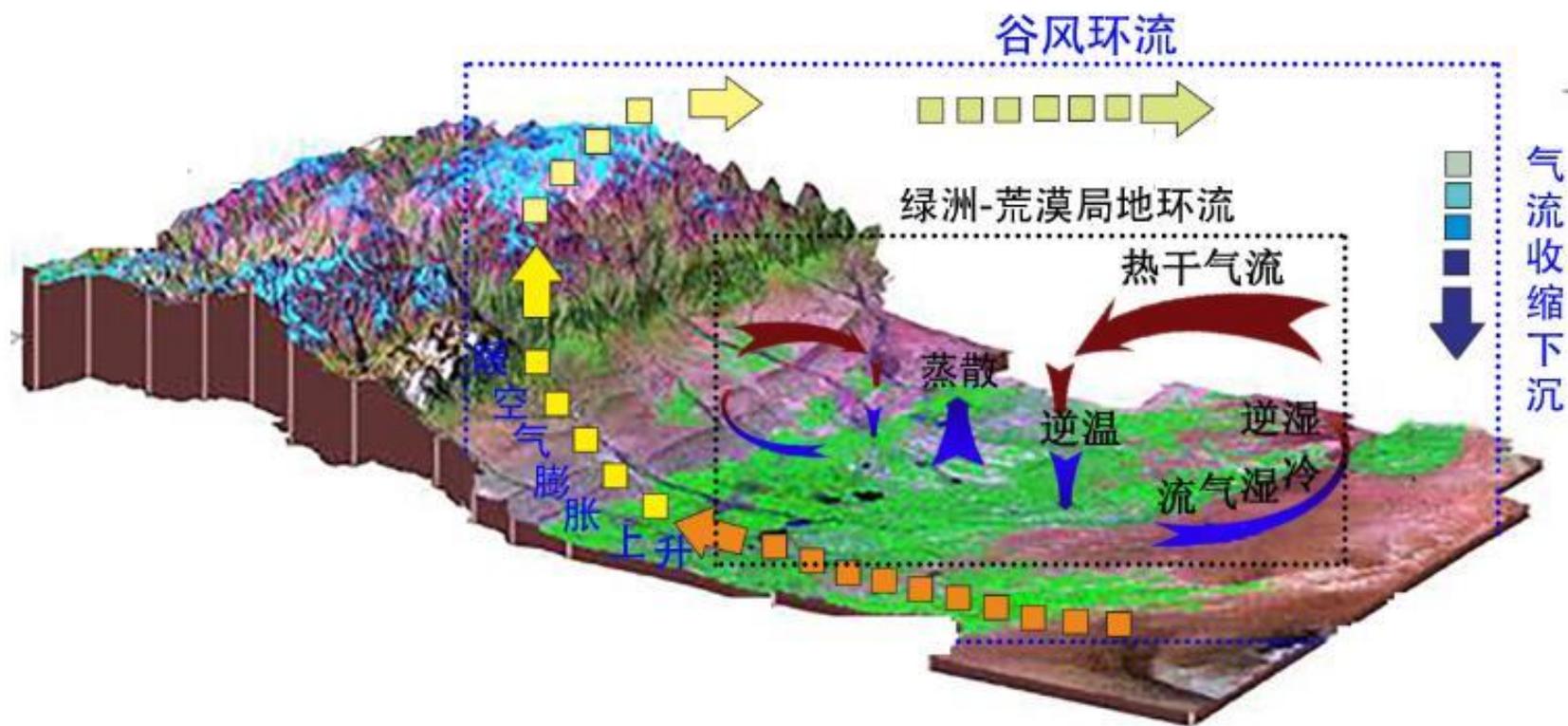


已有结论



- ◇ 绿色植被比率对WRF-Noah模拟干旱区绿洲荒漠水热状态影响显著，在本地化模型时首先需要保证使用真实数据。
- ◇ 改进的WRF-Noah提高了模拟灌溉绿洲水热的能力，更真实地模拟了灌区的水热状态。
- ◇ 绿洲的冷湿岛效应，绿洲上空的逆温现象以及绿洲-荒漠局地环流（绿洲自我维持机制）被证实存在于MODS结构中，但绿洲-荒漠局地环流被山谷风抵消或者隐匿--绿洲自我维持机制对绿洲生态稳定作用可能很有限。
- ◇ 在灌溉区域，漫灌过程对近地表能量和温湿的影响大于滴灌过程，但在整个MODS区域，由于漫灌时期灌区面积小，漫灌过程对近地表温湿的效应与滴灌过程相当。
- ◇ 灌溉增加了模拟区域的降水量，尤其是海拔1000-2000 m的山区降水量，这加速了山盆之间的水文循环过程。

RQ3:灌溉对山地-绿洲-荒漠系统的水热格局影响是怎样的?



山地-绿洲-荒漠系统白天的水热交互概念化图



陕西师范大学
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY



第 17 届中美碳联盟年会

The 17th US-China Carbon Consortium Annual Meeting
(USCCC)

感谢各位老师和同学
欢迎批评指正!

电话: [18629584113](tel:18629584113)

Email: miaomiaozpb@163.com



陕
西
师
大