

第20届中美碳联盟 (USCCC) 年会



# 荒漠草原区人工灌丛生态系统碳水耦合特征 及对干旱响应

杜灵通

宁夏大学生态环境学院

dult80@nxu.edu.cn

2024年7月18日



## 提纲

一 植被变化区的碳水循环研究意义

二 盐池人工灌丛化区碳水观测与模拟

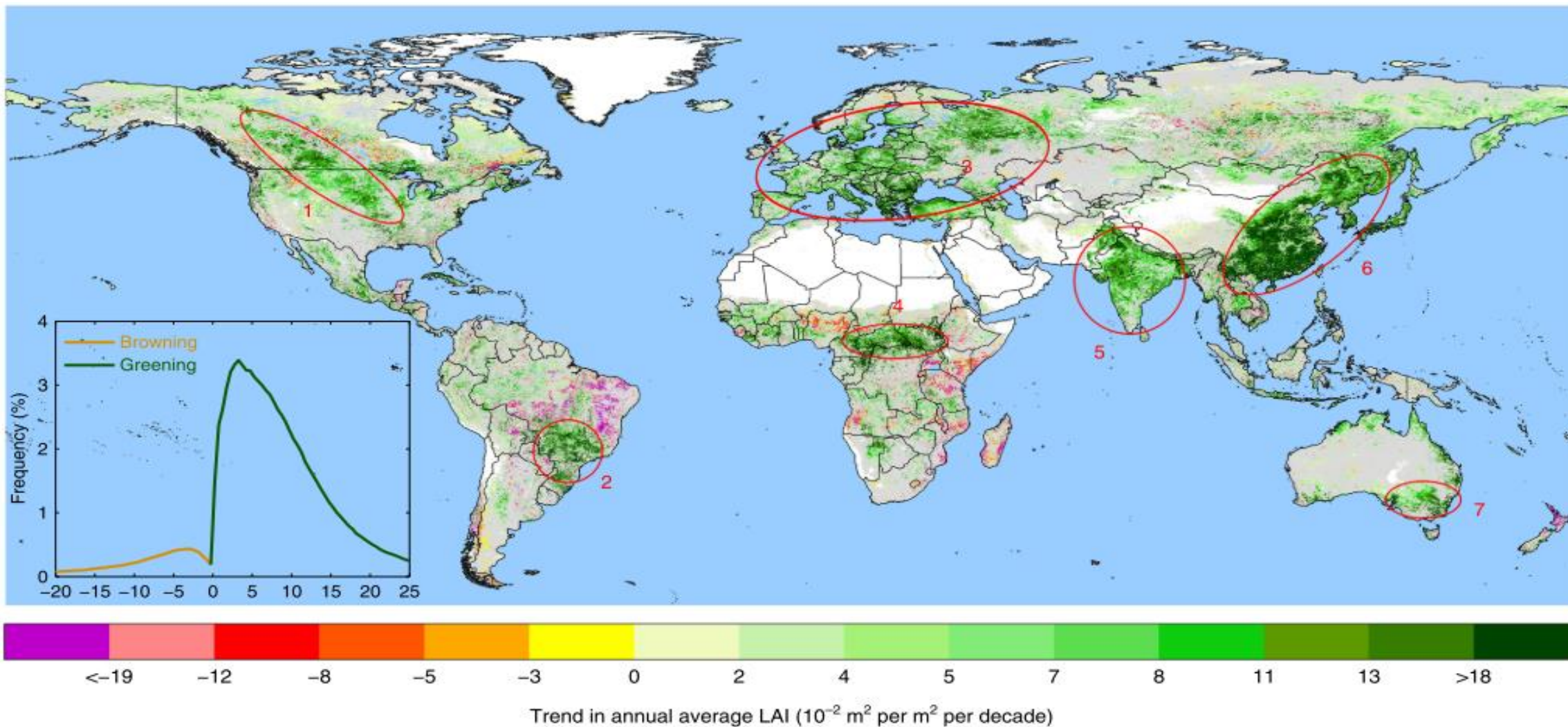
三 人工灌丛生态系统碳水循环特征

四 人工灌丛化的水碳耦合特征及权衡

五 人工灌丛生态系统碳汇对干旱的响应



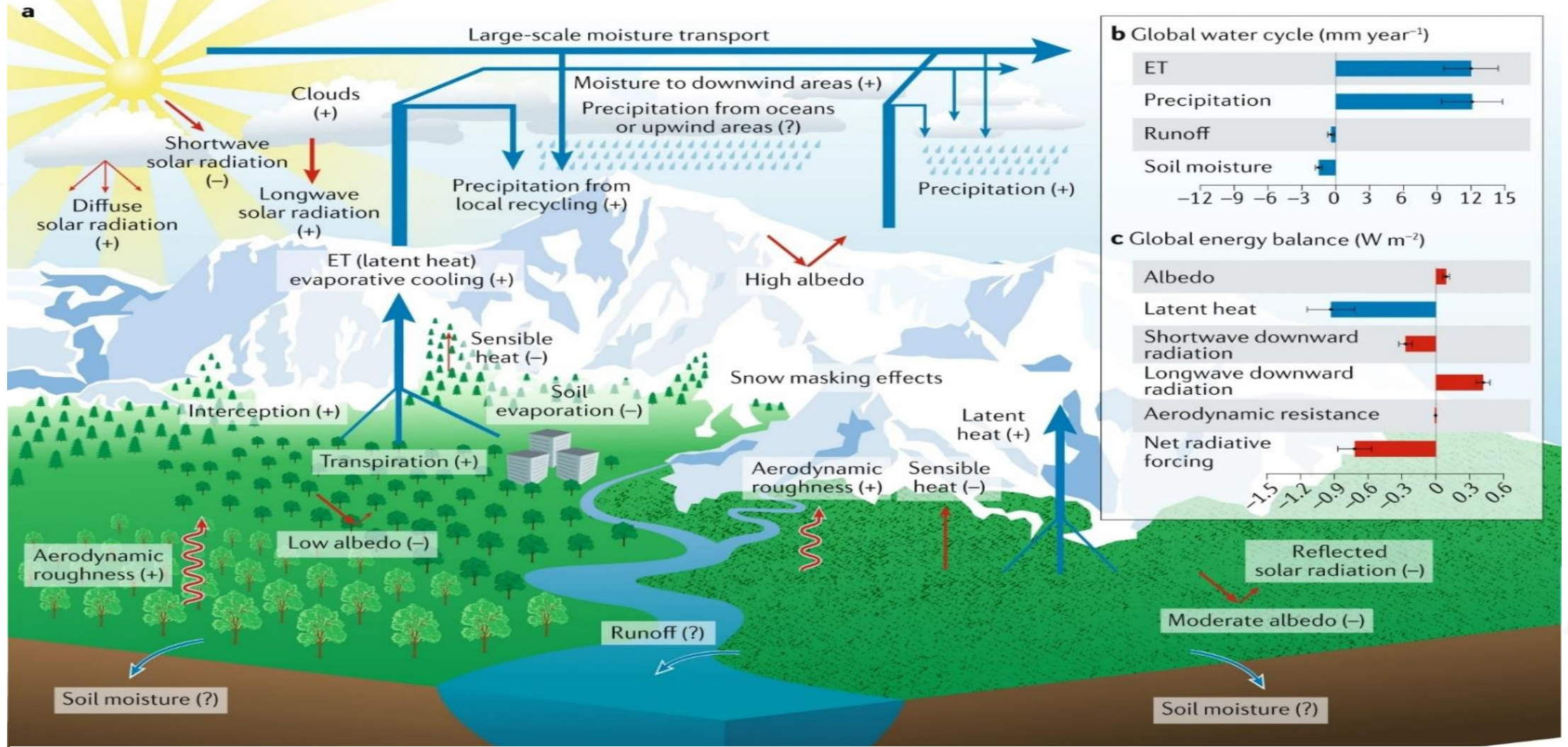
# 全球变绿引起广泛关注



Global greening成为热点, **全球尺度CO<sub>2</sub>施肥主要驱动, 区域尺度其他因素 (如植树造林)**。



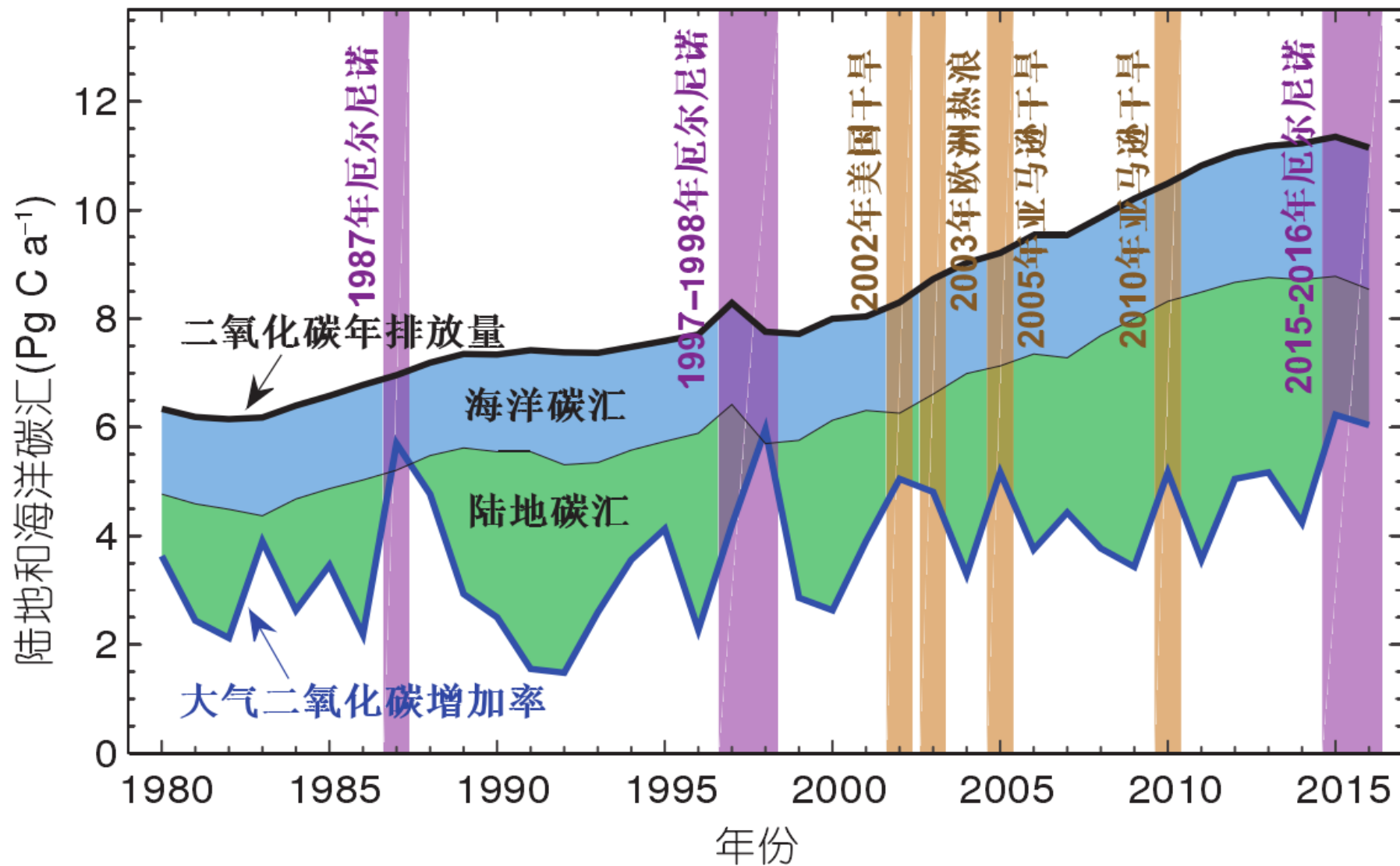
# 植被变绿对地气水循环和能量过程产生影响



Biogeophysical feedbacks of recent vegetation greening to the climate system



# 极端气候事件对陆地生态系统碳汇影响明显



陆地生态系统碳汇功能对极端气候变化十分敏感

朴世龙等, 中国科学: 地球科学, 2019.



# 盐池荒漠草原经历了典型的植被变绿 (人工灌丛化)

原始荒漠草原

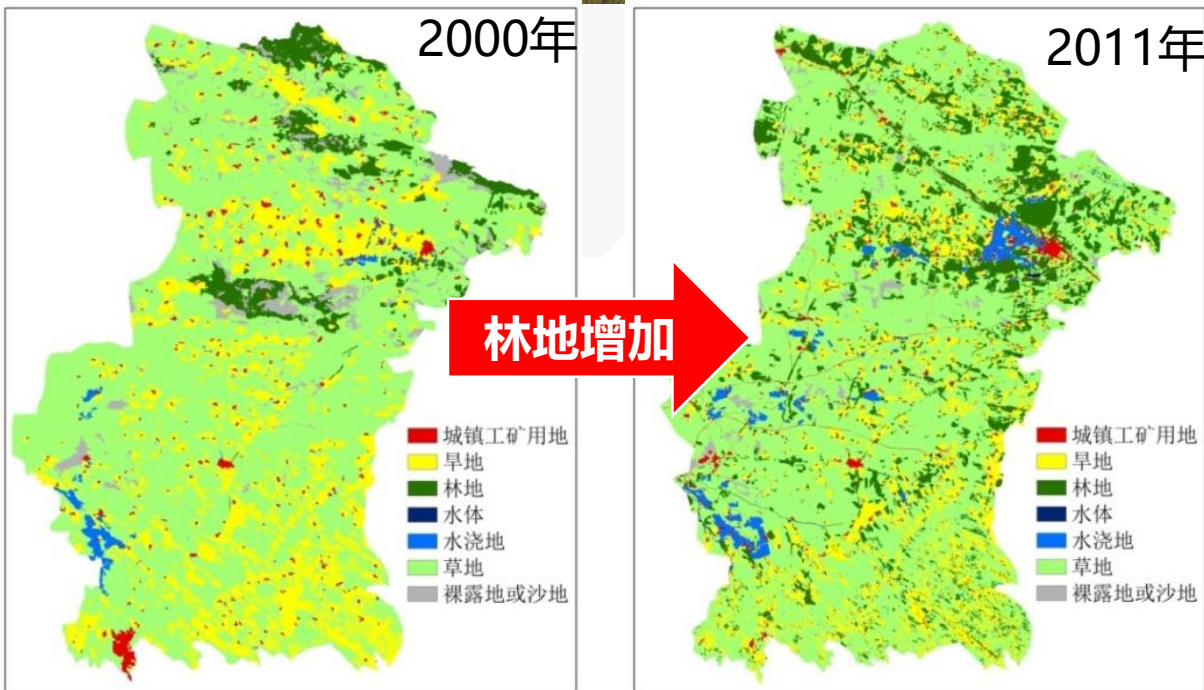


种植灌木后的荒漠草原



灌丛成林面积**89234.24** hm<sup>2</sup>,  
约占县域的**13.18%**。

郑琪琪等, *西南林业大学学报*, 2019



## 关键科学问题

1 人工灌丛入侵如何影响碳水循环

2 半干旱区人工灌丛碳水权衡关系

3 人工灌丛碳汇对极端气候的响应

## 提纲

一 植被变化区的碳水循环研究意义

二 盐池人工灌丛化区碳水观测与模拟

三 人工灌丛生态系统碳水循环特征

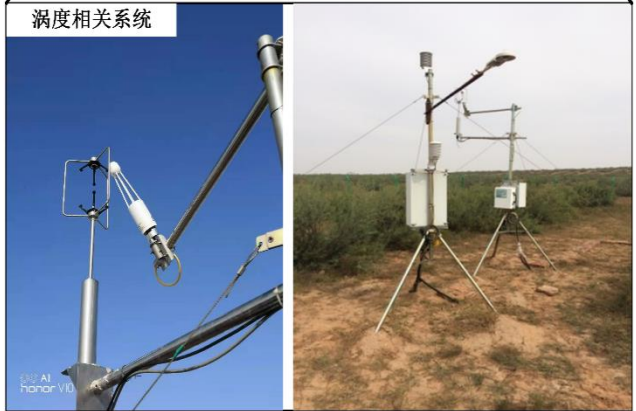
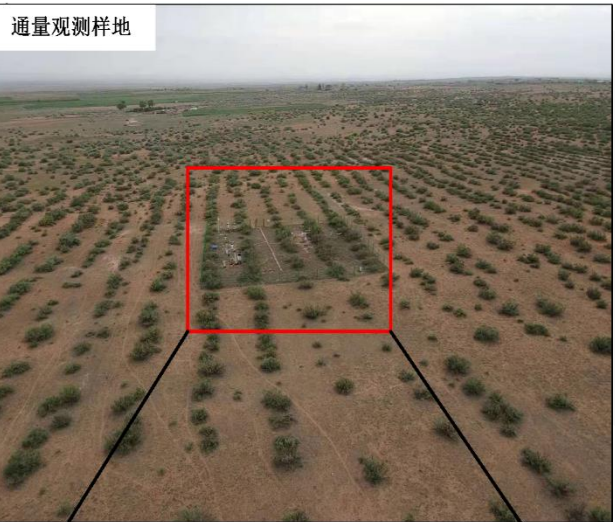
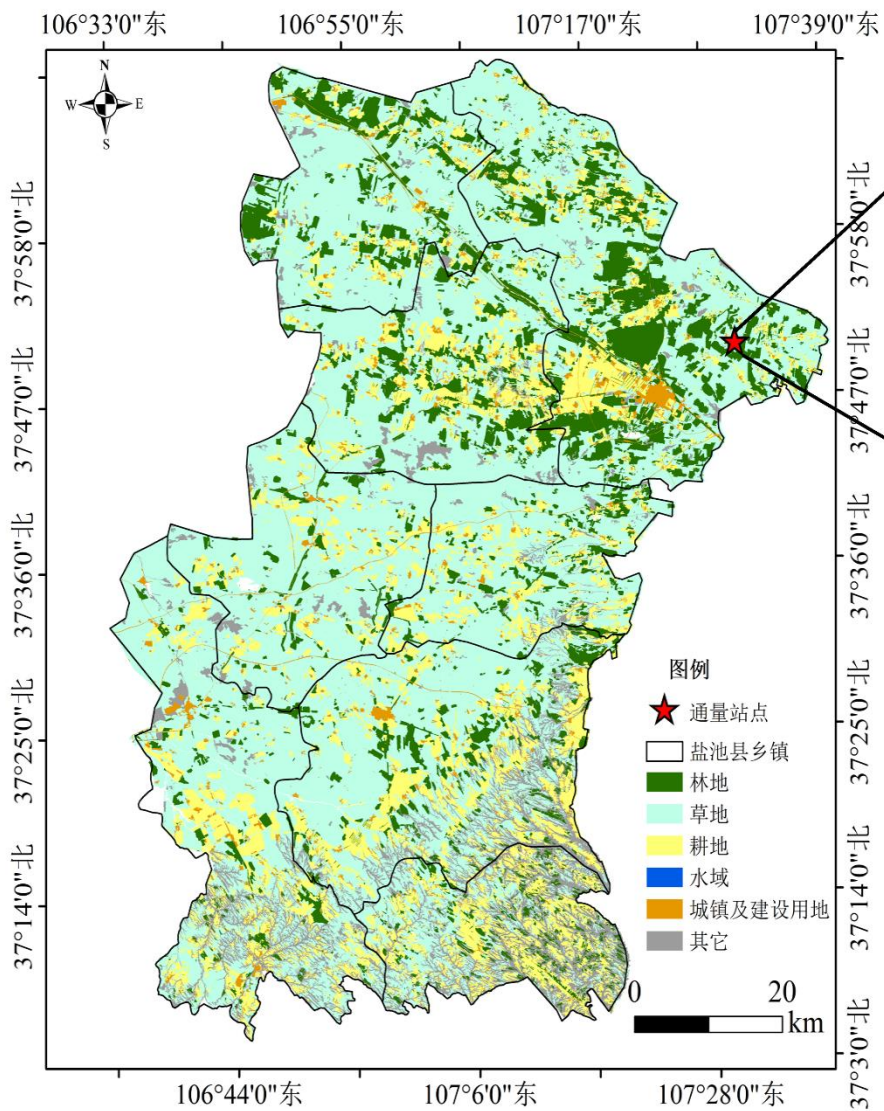
四 人工灌丛化的水碳耦合特征及权衡

五 人工灌丛生态系统碳汇对干旱的响应





# 宁夏大学盐池荒漠草原生态定位站概况

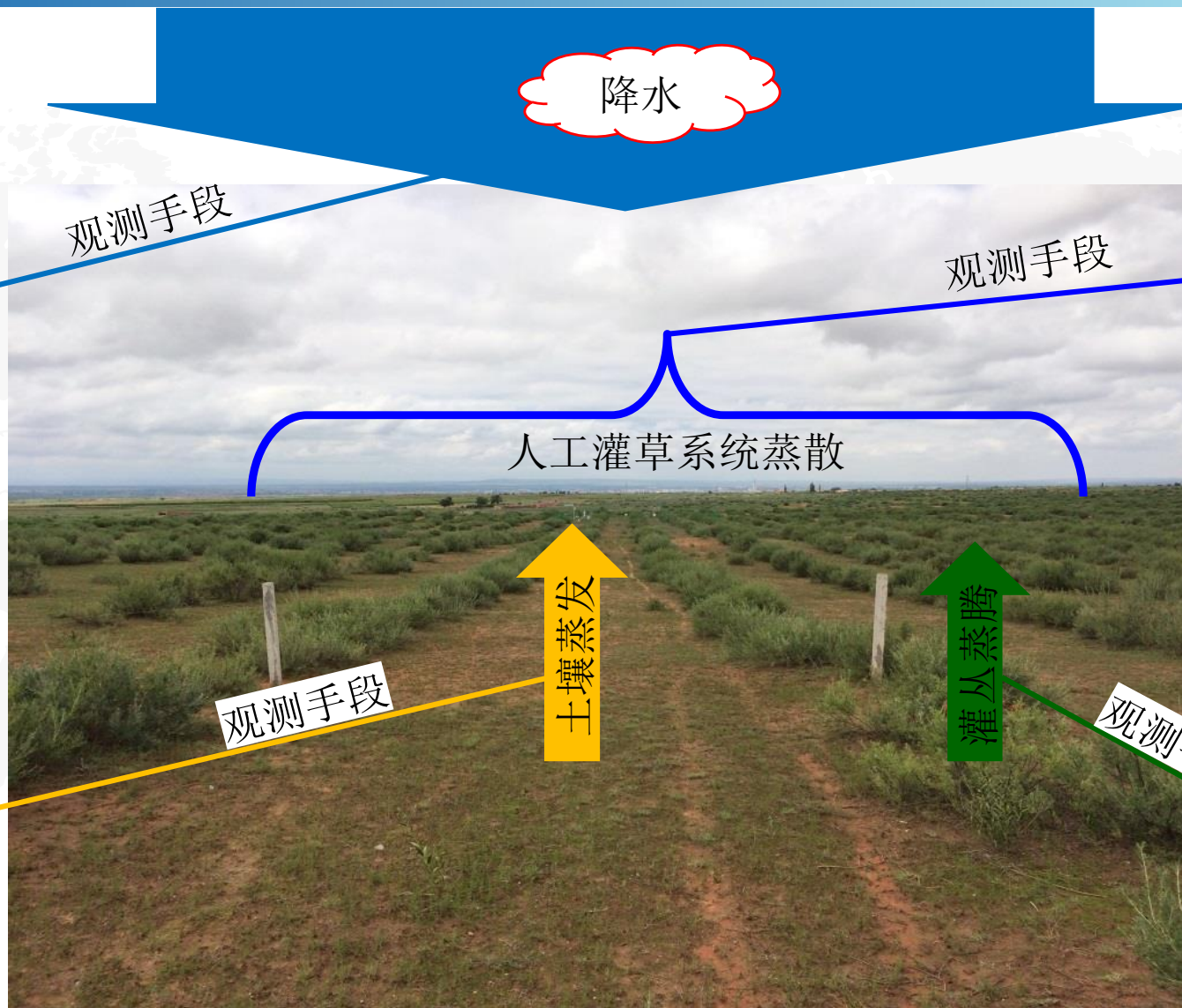
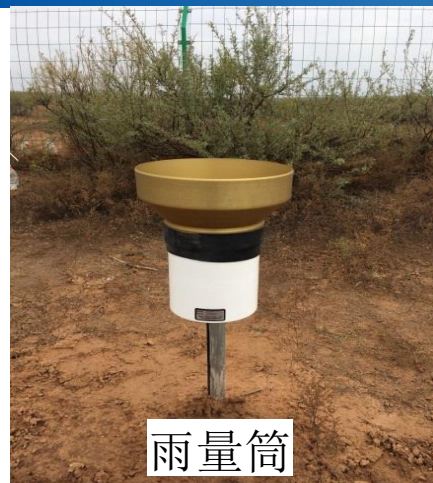


- 始于20世纪70年代的教  
学科研基地
- 2009年扩建荒漠草原农  
牧系统生态工程基地
- 2015年开始布局生态系  
统碳水循环观测体系
- 针对荒漠草原区建植灌  
丛所引起的生态系统结  
构和功能变化，及其稳  
定性维持机制开展研究





# 生态系统水循环观测研究实验



## 荒漠草原人工灌丛生态系统水文循环过程观测试验





# 宁夏大学盐池荒漠草原生态定位站设备

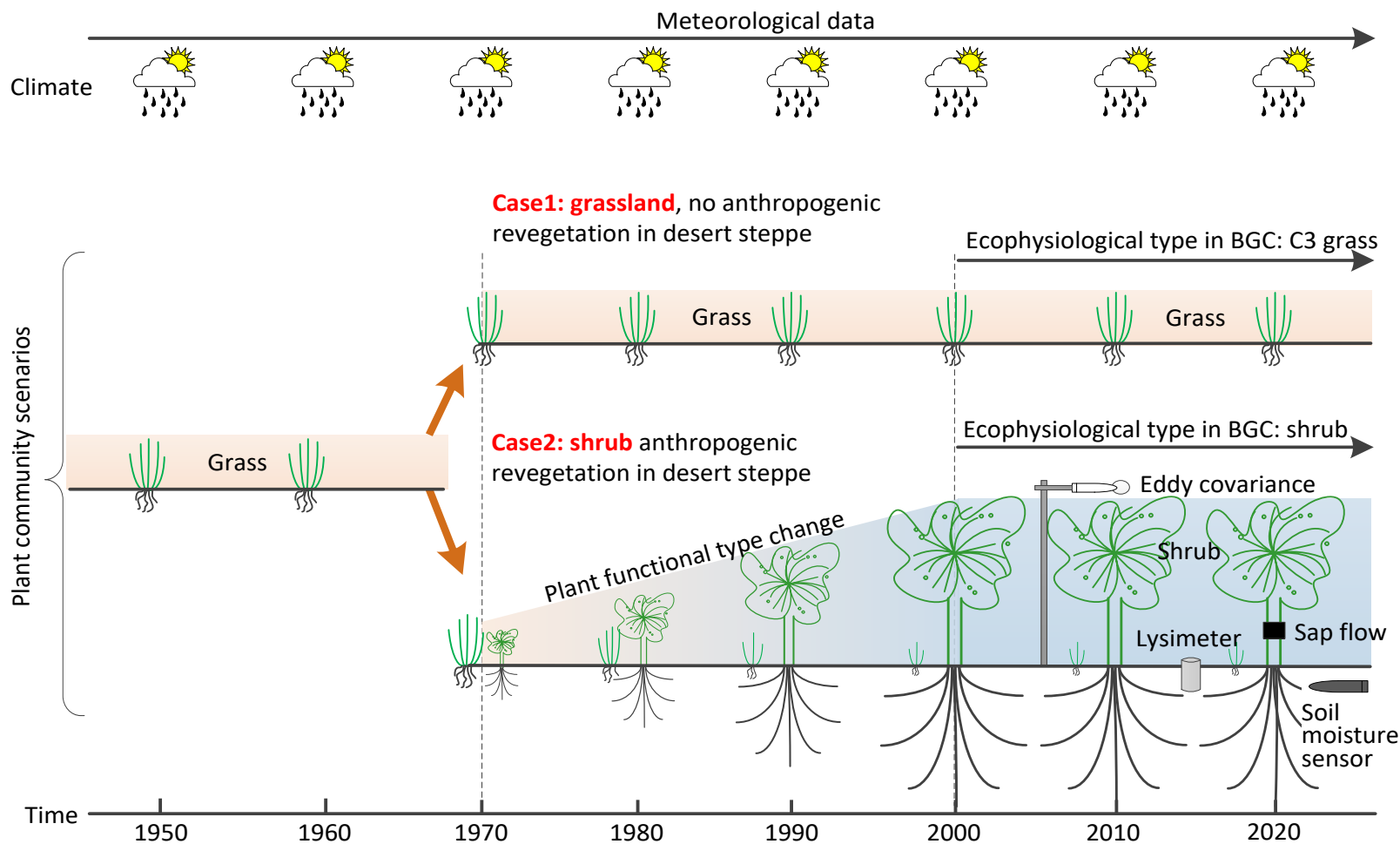


盐池荒漠草原生态系统野外定位研究站设备



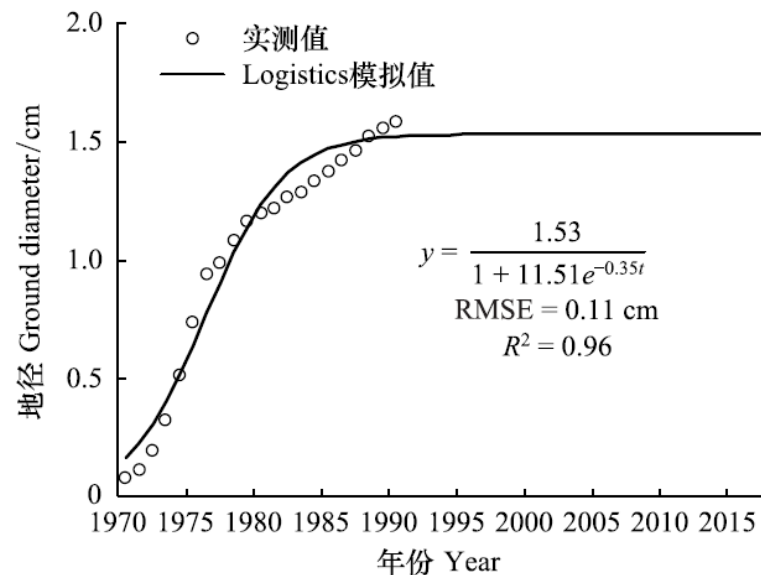


# 人工灌丛入侵荒漠草原的生态过程模拟



BIOME-BGC模型

Du et al., *Agr. Forest. Meteorol.*, 2021



Logistic生长曲线

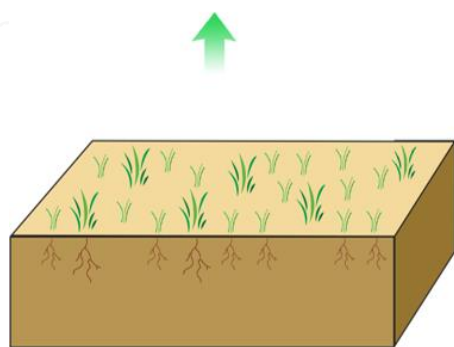
- 建立灌木入侵荒漠草原的情景和灌木生长过程，模拟生态系统碳水通量和储量变化。



# 人工灌丛入侵荒漠草原的生态过程模拟

## (a) Grassland ecosystem:

$$E_{grass} = \text{Evaporation}$$
$$T_{grass} = \text{Transpiration}$$
$$GPP_{grass} = \text{GPP}$$



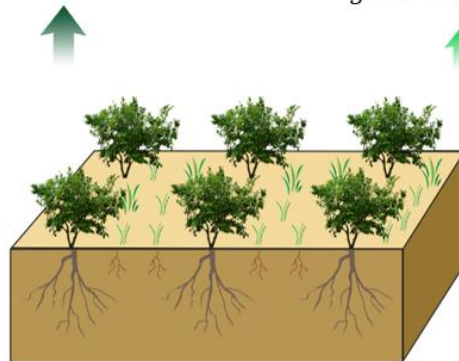
## (b) Shrubs-grassland Ecosystem:

Shrubland (58.33%):

$$E_{shrub}, T_{shrub}, GPP_{shrub}$$

Grassland (41.67%):

$$E_{grass}, T_{grass}, GPP_{grass}$$



Revegetation  
since 1990s

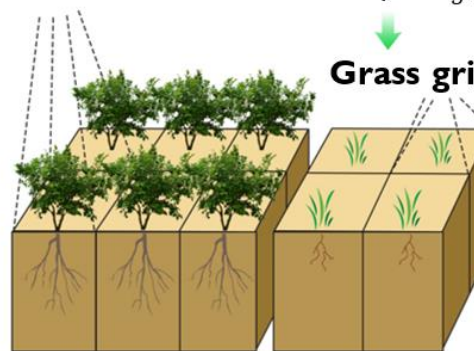
Conceptualized  
in the 1-D model

## (c) Modelling:

Input:  $LAI_{shrub}$

Output:  $E_{shrub}, T_{shrub}, GPP_{shrub}$

Shrub grid



Input:  $LAI_{grass}$

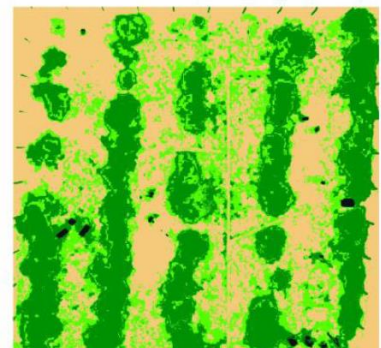
Output:  $E_{grass}, T_{grass}, GPP_{grass}$

Grass grid

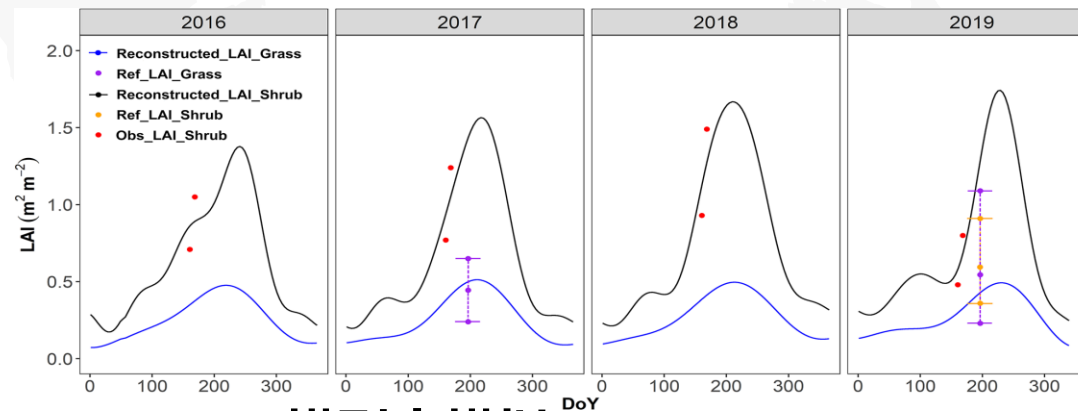
UAV PHOTO SHOT ON 17<sup>TH</sup> JUNE 2022



LAND COVER MAP OF YANCHI SITE (JUNE 2022)



LAND COVER  
Bare Soil  
Shrub  
Grassland  
Instrument



➤ 通过重建灌木入侵草地过程和灌草结构，在STEMMUS模型中模拟人工灌丛能量、水和碳通量。

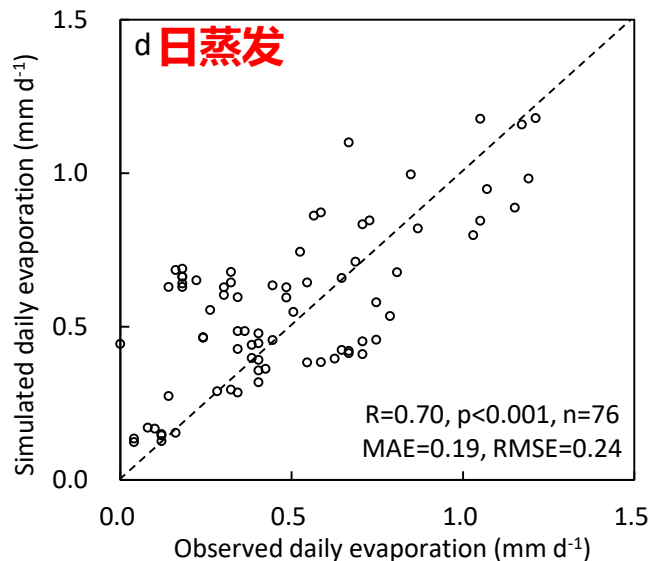
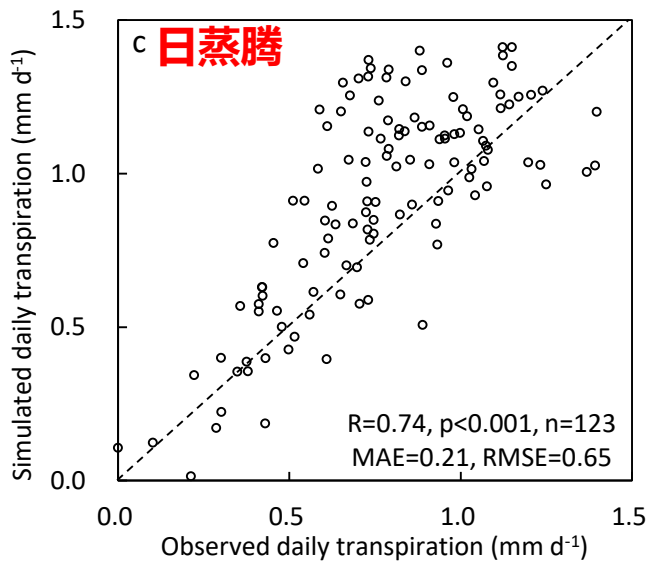
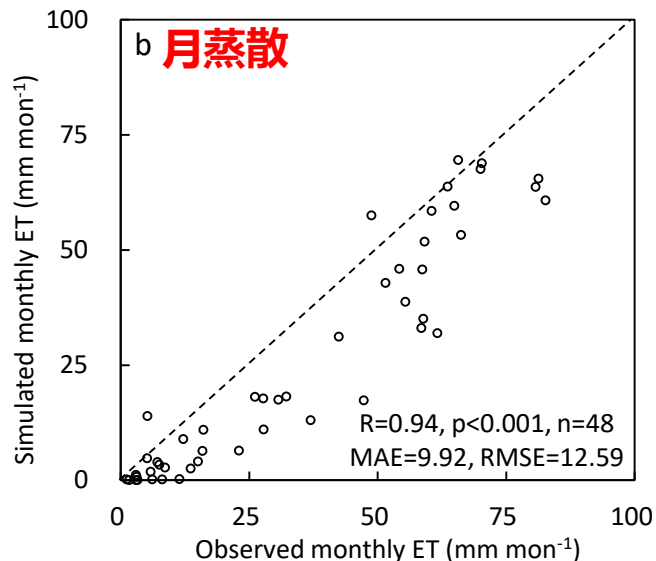
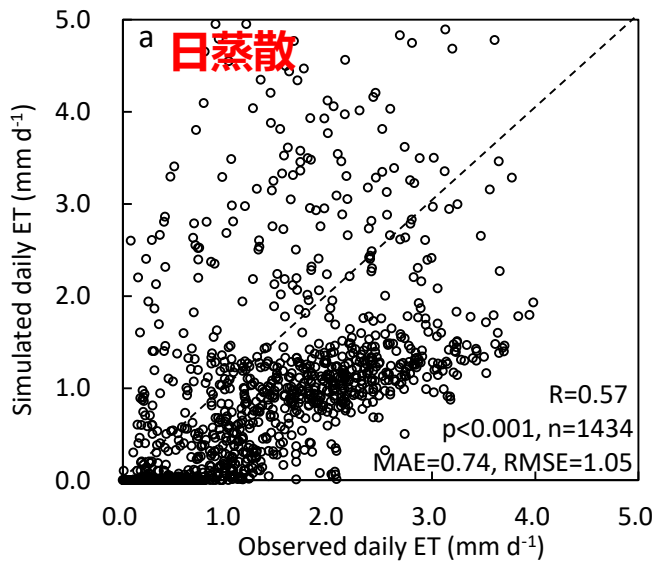
## 提纲

- 一 植被变化区的碳水循环研究意义
- 二 盐池人工灌丛化区碳水观测与模拟
- 三 人工灌丛生态系统碳水循环特征
- 四 人工灌丛化的水碳耦合特征及权衡
- 五 人工灌丛生态系统碳汇对干旱的响应

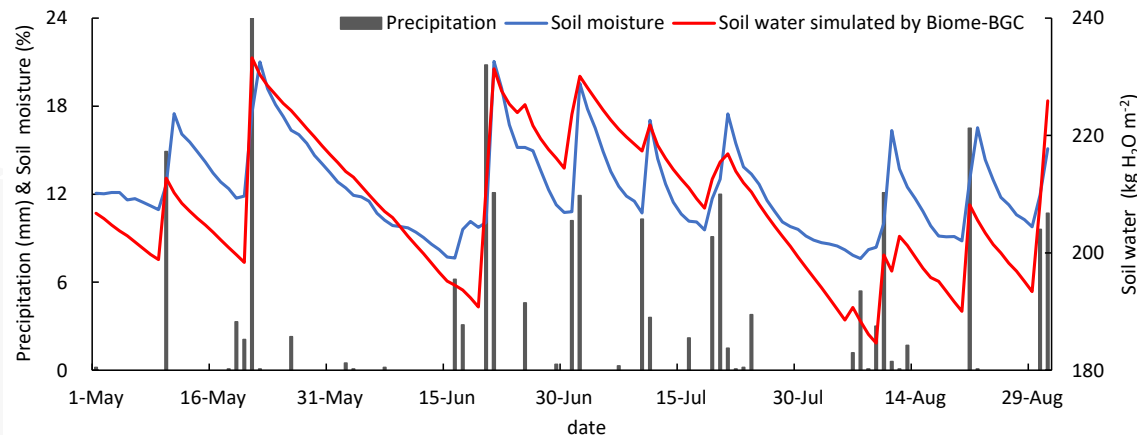




# 人工灌丛生态系统碳水通量模拟结果验证

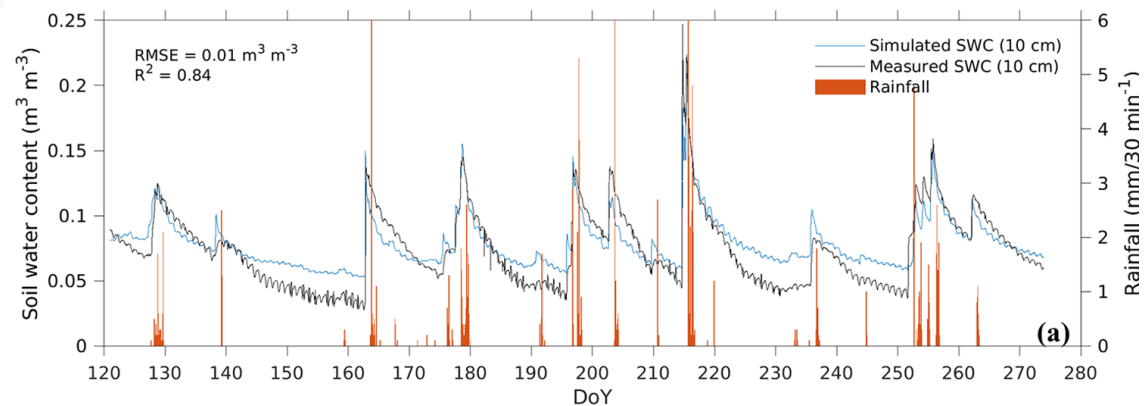


涡度相关观测蒸散与Biome-BGC模拟蒸散的散点



Biome-BGC模拟土壤水变化与观测值对比

Du et al., *Agr. Forest. Meteorol.*, 2021

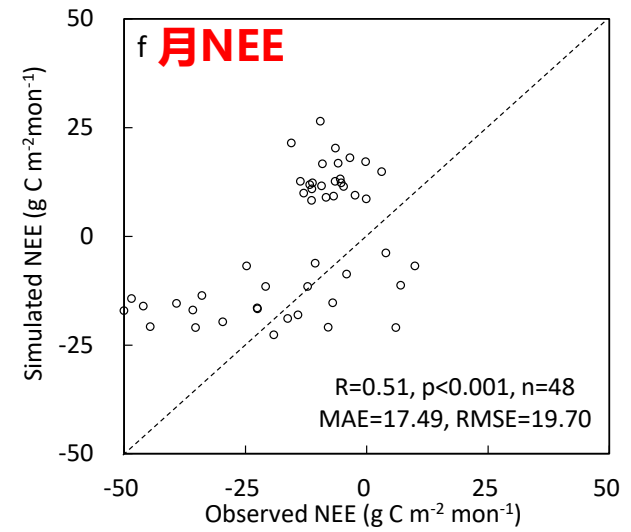
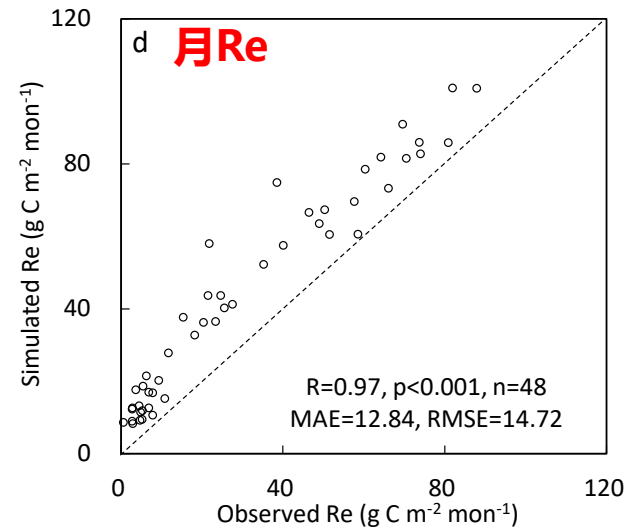
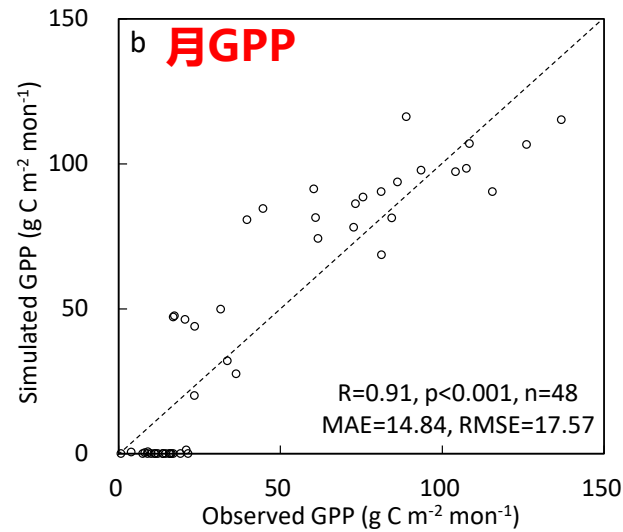
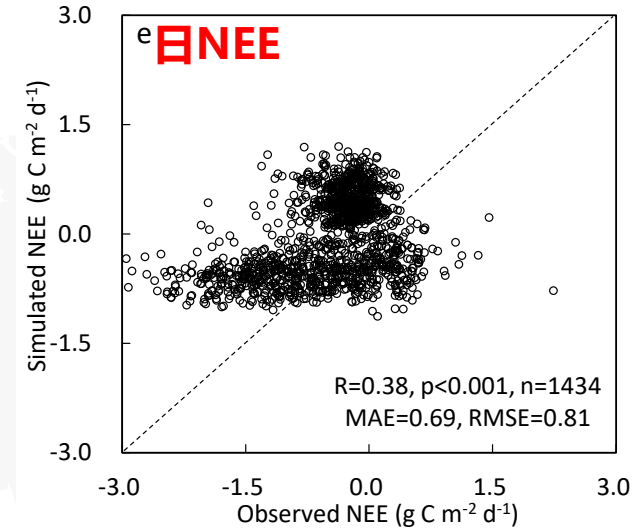
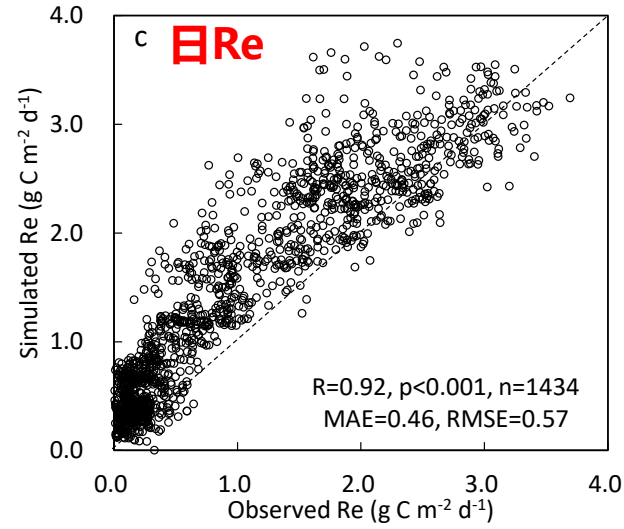
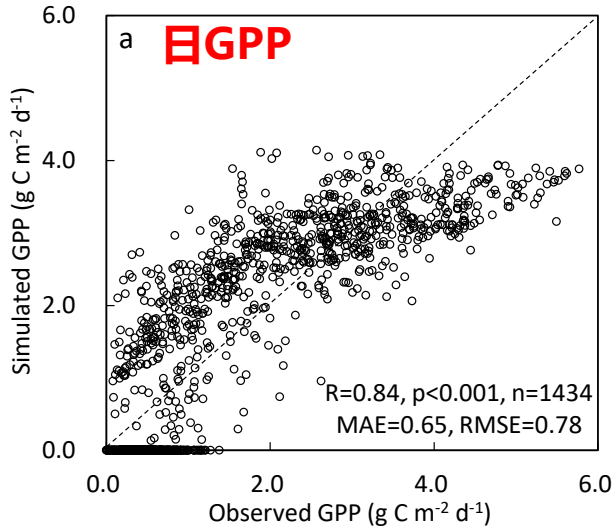


STEMMUS模拟土壤水变化与观测值对比

Tang et al., *Biogeosciences*, 2024



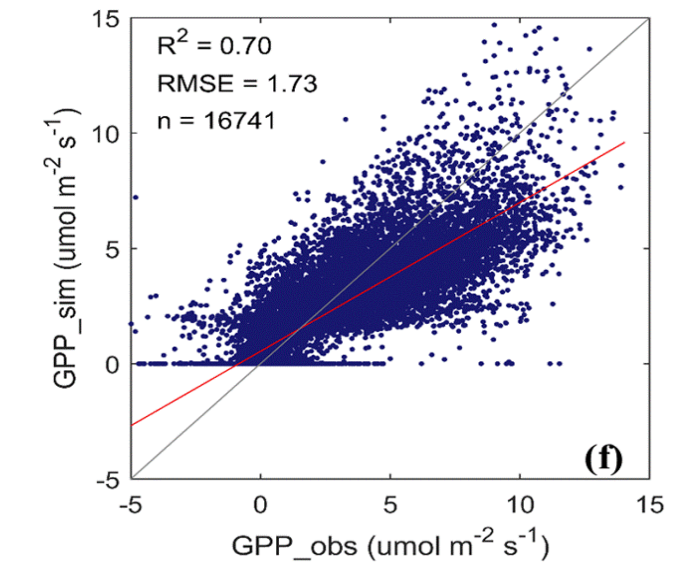
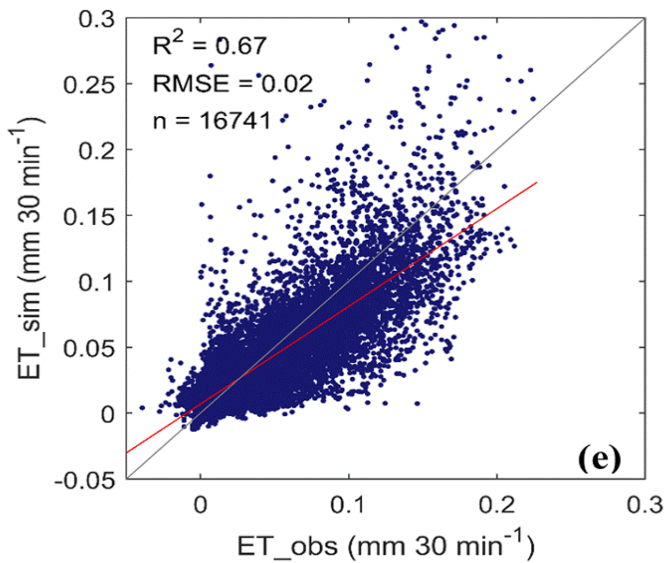
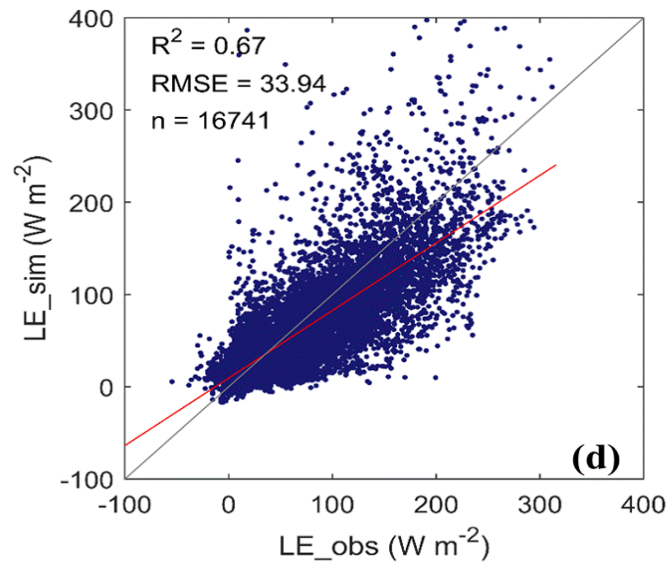
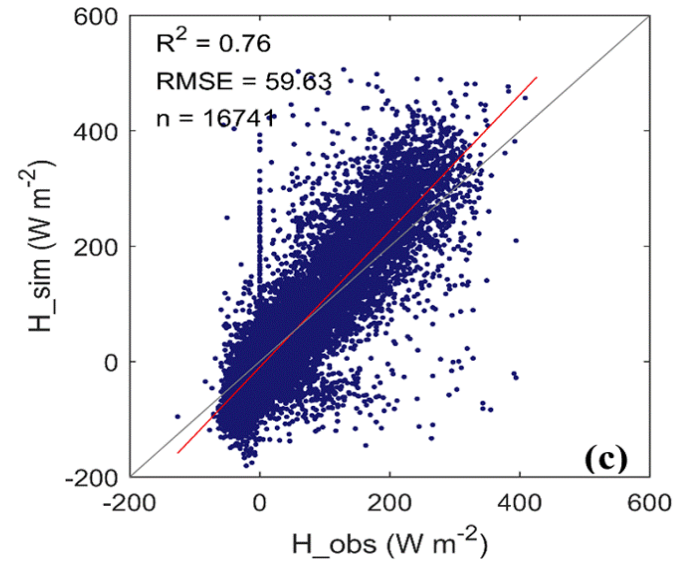
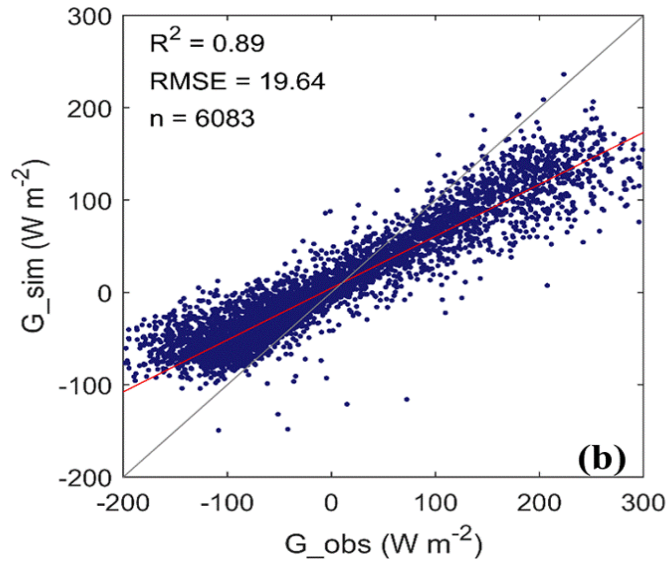
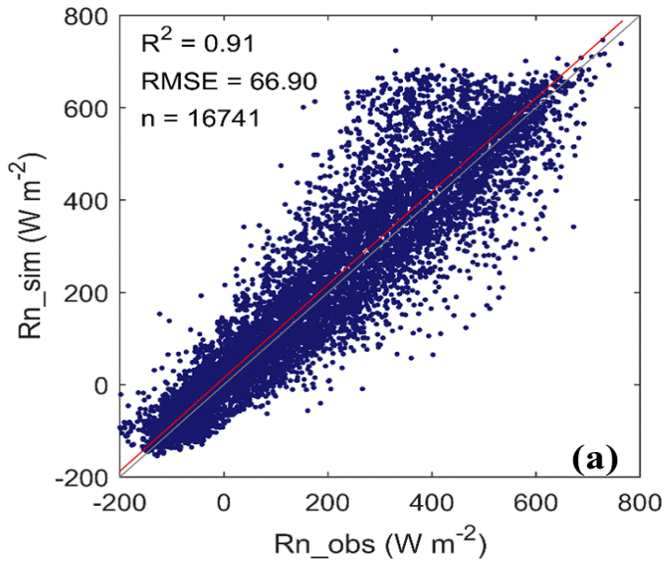
# 人工灌丛生态系统碳水通量模拟结果验证



Biome-BGC模拟人工灌丛GPP、NEE和Re与涡度相关实测对比



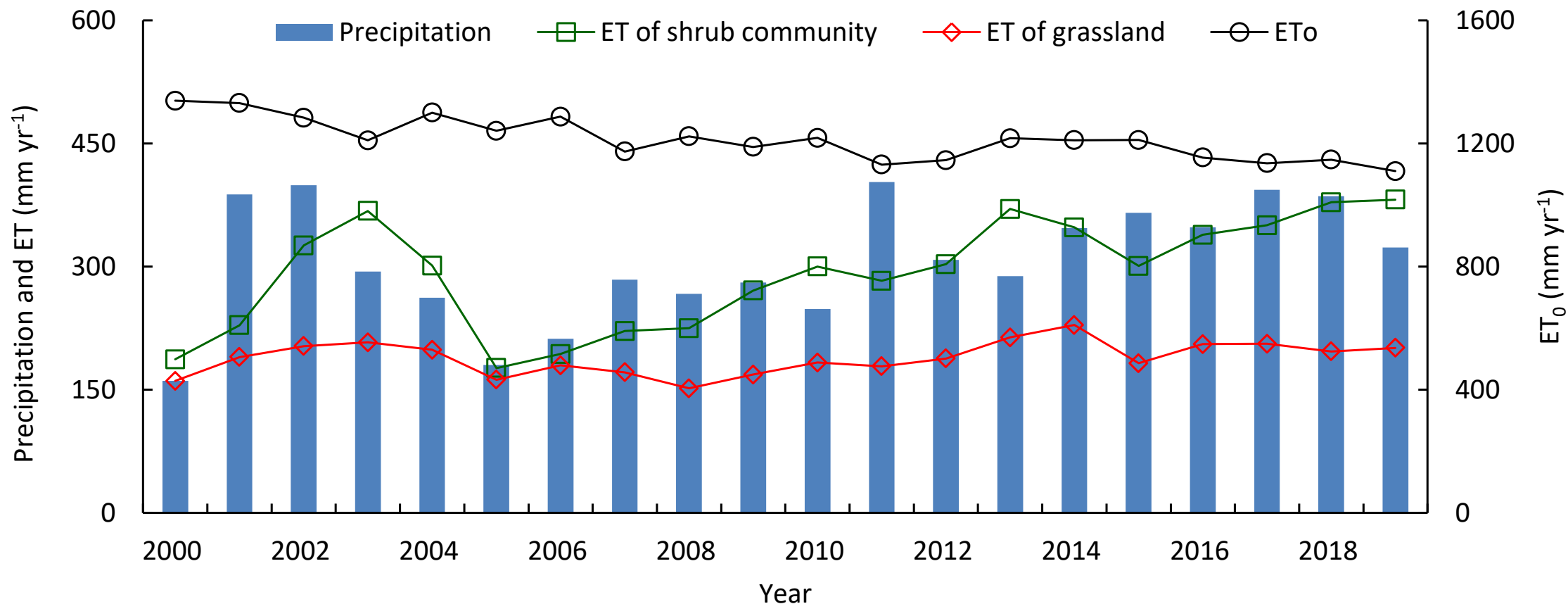
# 人工灌丛生态系统碳水通量模拟结果验证







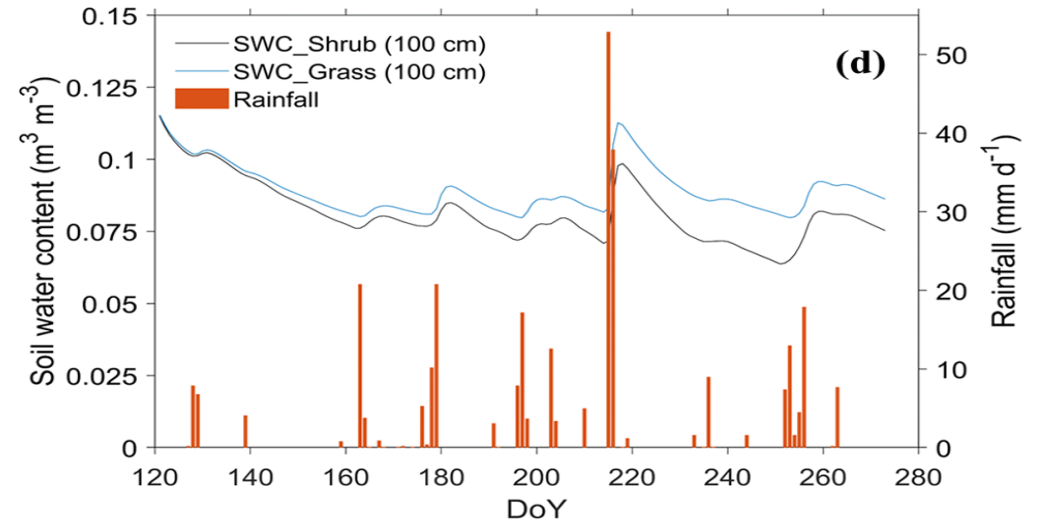
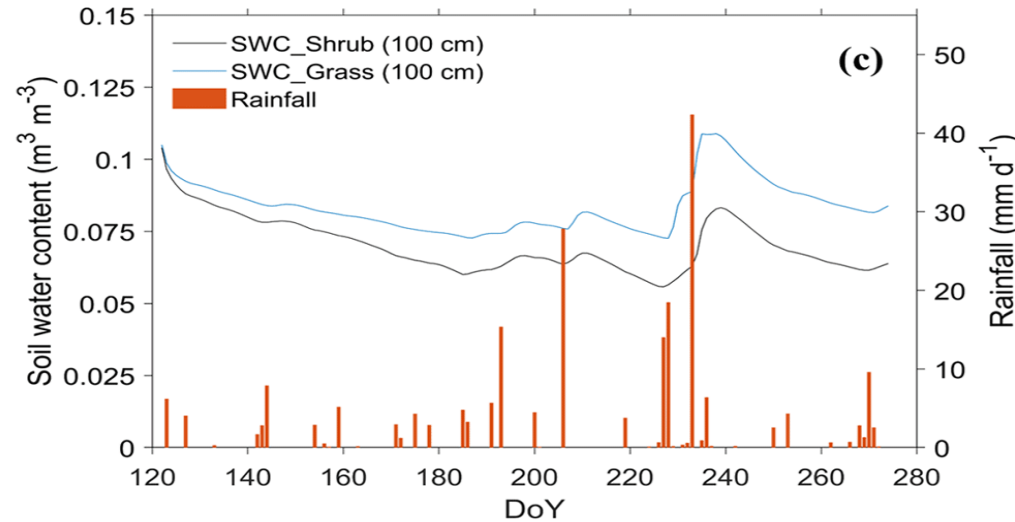
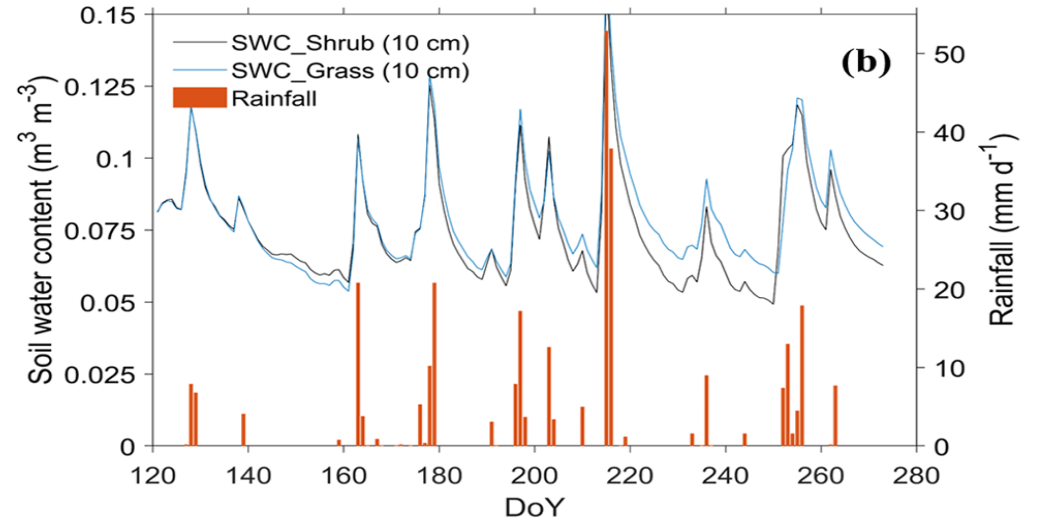
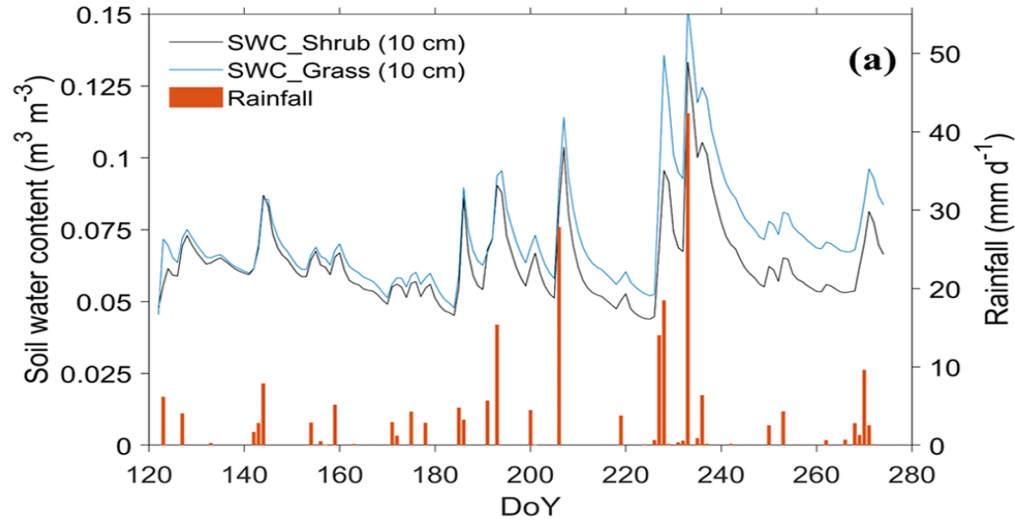
# 人工灌丛生态系统水通量特征



人工灌丛的ET大于草地，甚至灌丛的ET在一些年份大于降雨量，近20年来该区域的潜在蒸散(ET<sub>0</sub>)明显减少，但人工灌丛实际蒸散在增加，表明荒漠草原**人工植被重建加剧了生态系统的耗水量。**



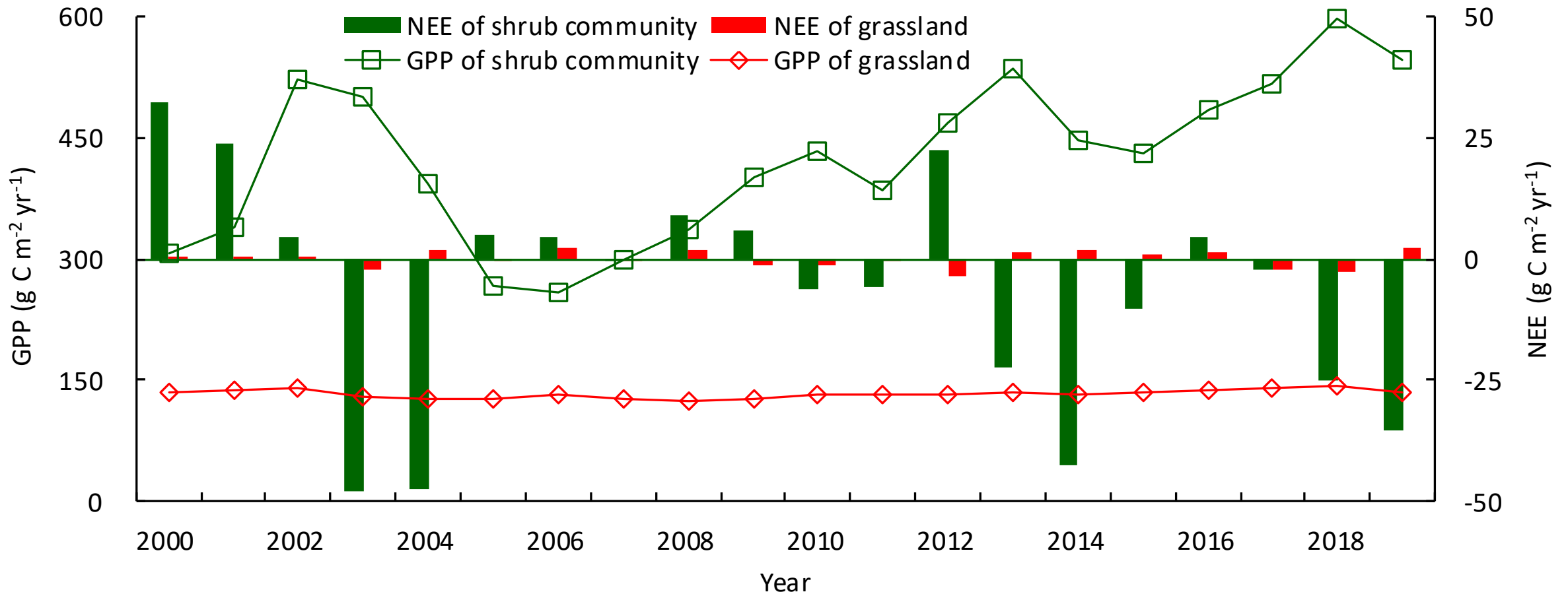
# 人工灌丛生态系统水通量特征



人工灌丛消耗更多的土壤水



# 人工灌丛生态系统碳通量特征

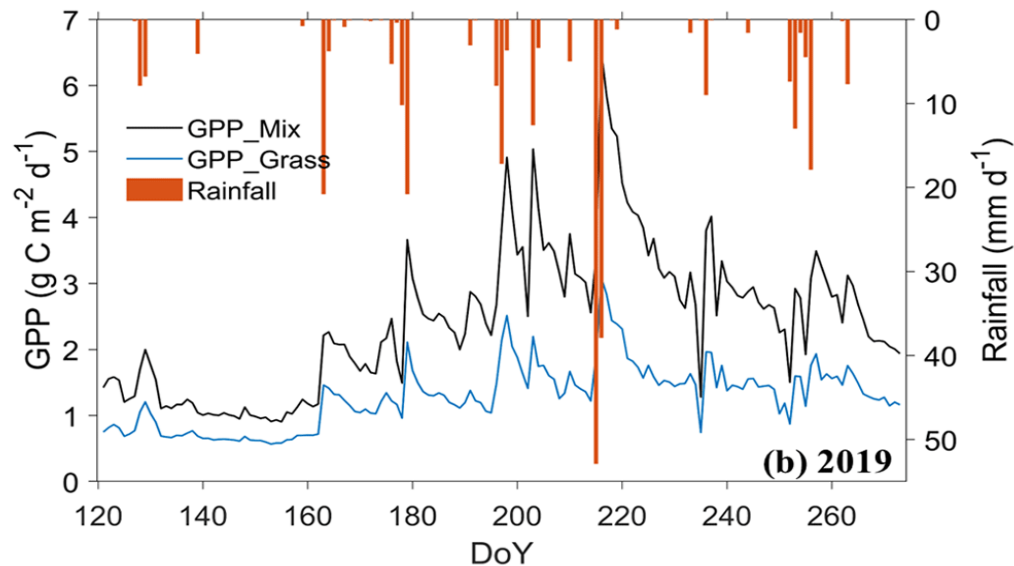
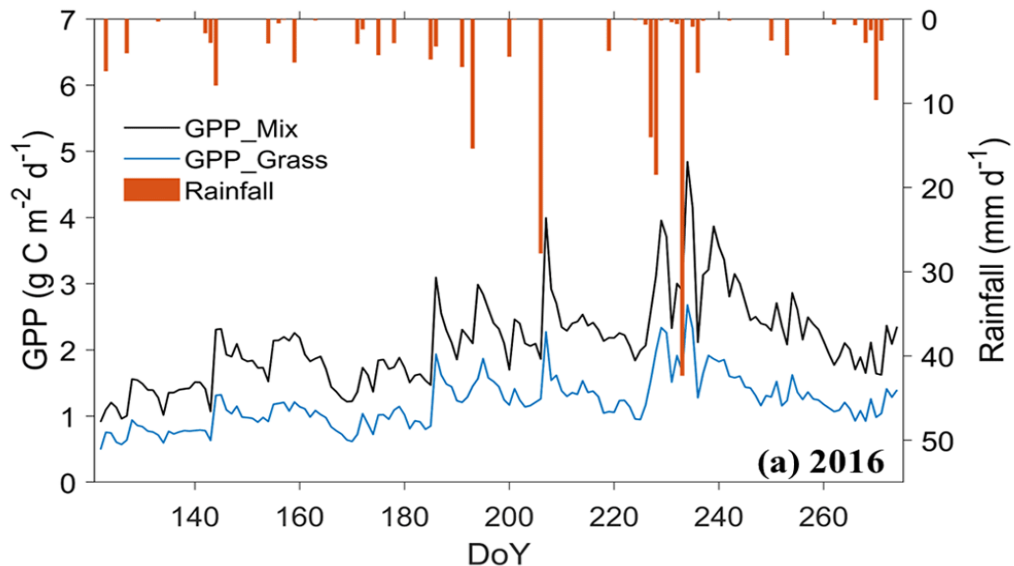


**灌丛GPP不仅数值大于草地，而且波动性也更大。2000-2019年间，灌丛整体表现为碳汇，NEE为 $-133.81 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 。相反，草地为微弱的碳源，NEE为 $0.40 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$ 。**

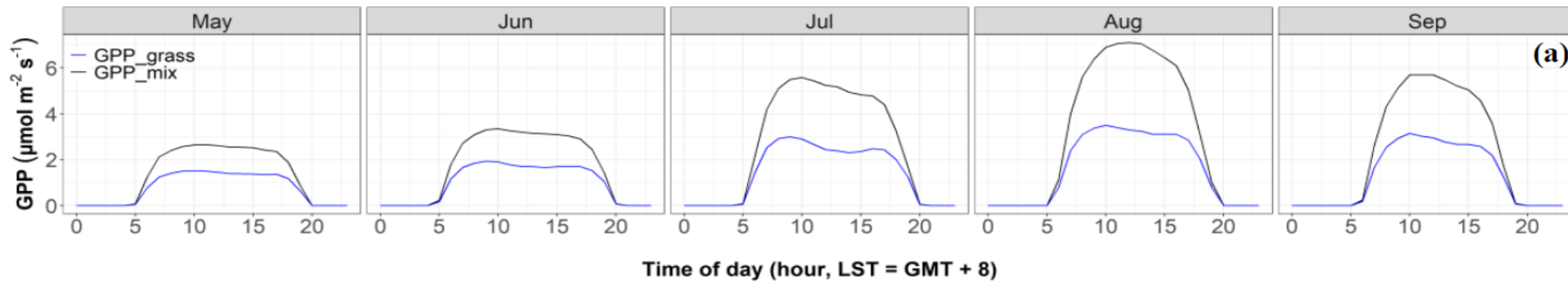




# 人工灌丛生态系统碳通量特征



## STEMMUS模拟的人工灌丛年内GPP与草地对比



## STEMMUS模拟的人工灌丛日内GPP与草地对比

## 提纲

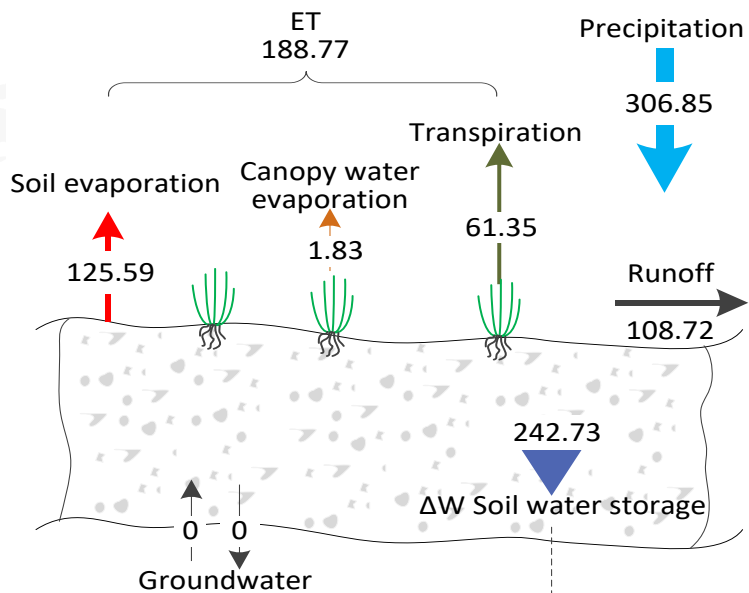
- 一 植被变化区的碳水循环研究意义
- 二 盐池人工灌丛化区碳水观测与模拟
- 三 人工灌丛生态系统碳水循环特征
- 四 人工灌丛化的水碳耦合特征及权衡
- 五 人工灌丛生态系统碳汇对干旱的响应



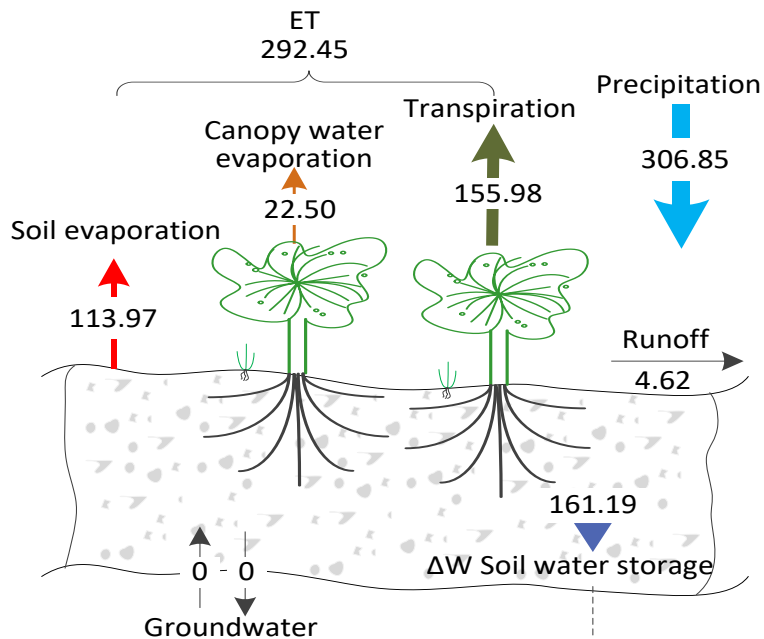


# 人工灌丛入侵荒漠草原引起生态系统水文消耗增强

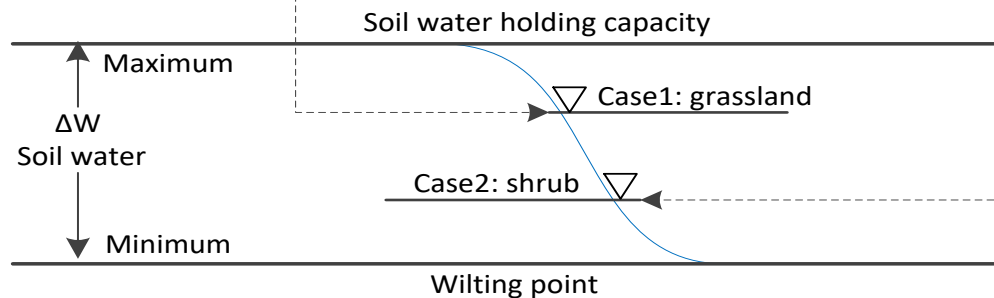
Case1: grassland



Case2: shrub



增加半干旱区  
生态系统的水  
资源压力



荒漠草原人工植被恢复使总ET增加了54.9%，其中主要是由于植被蒸腾的增加。



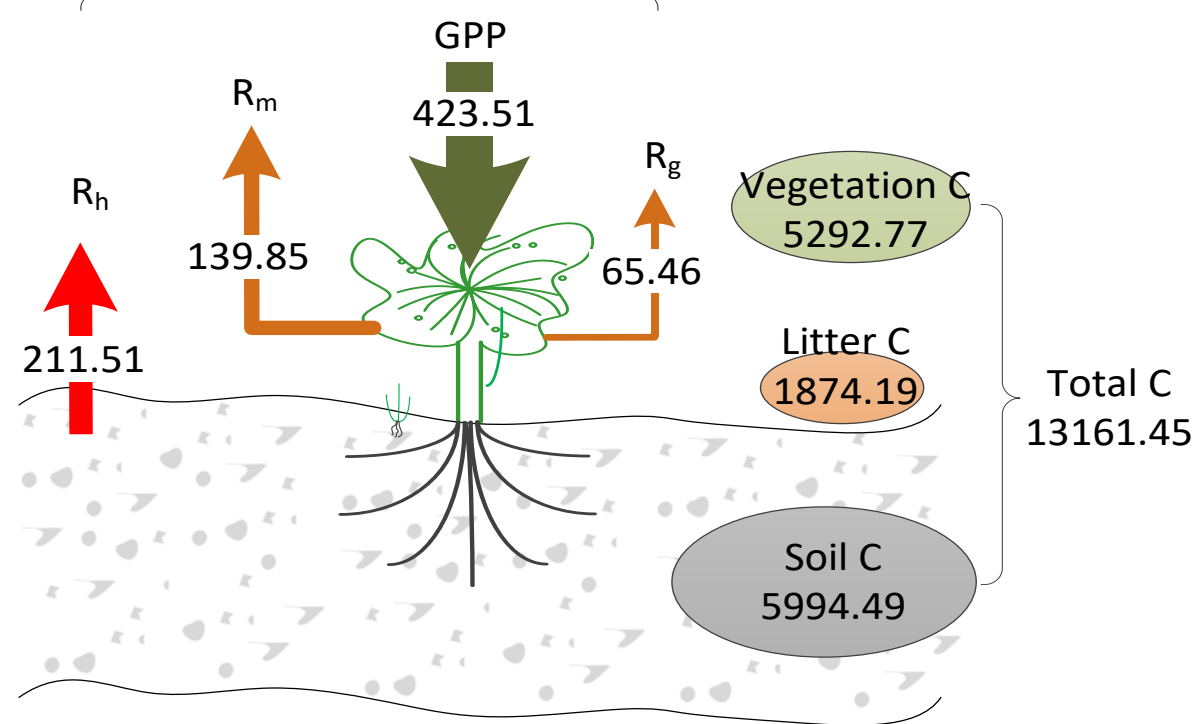
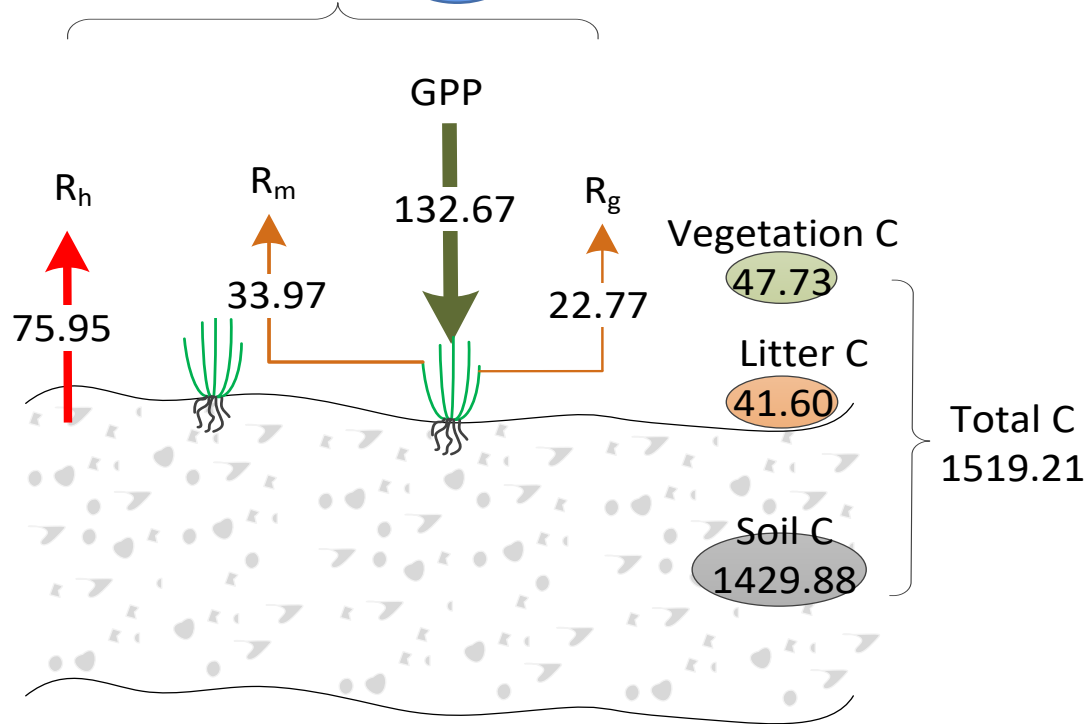
# 人工灌丛入侵荒漠草原增强生态系统的碳汇能力

Case1: grassland

弱碳汇乃至碳源

Case2: shrub

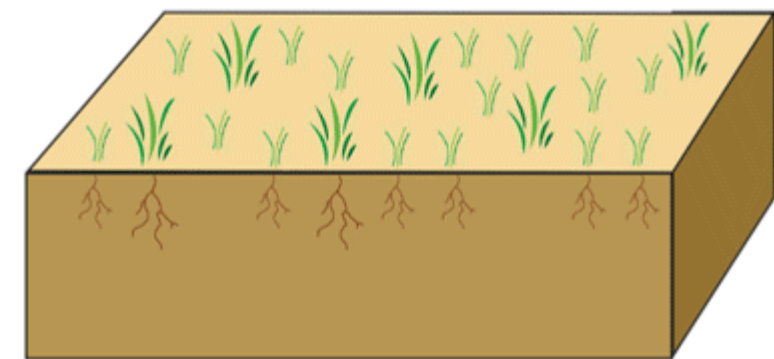
碳汇



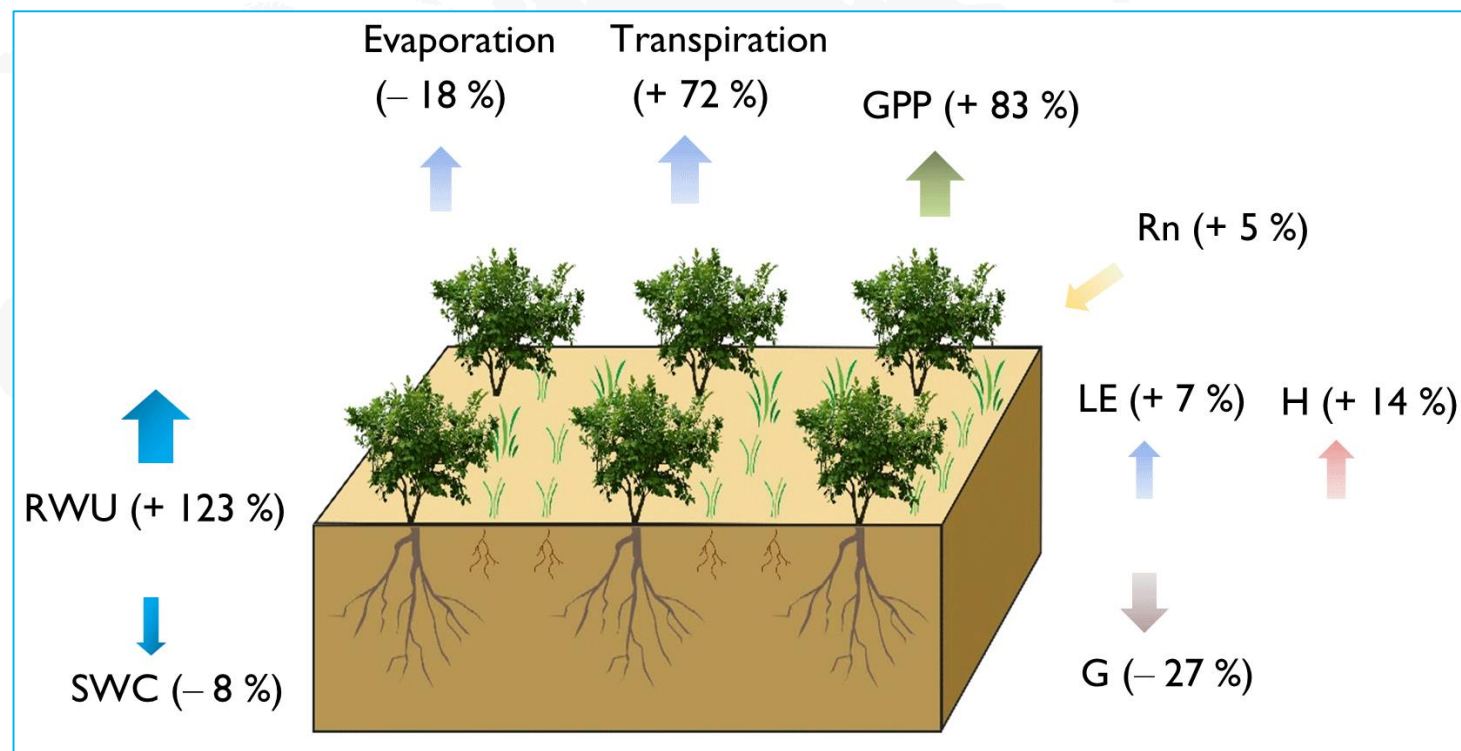
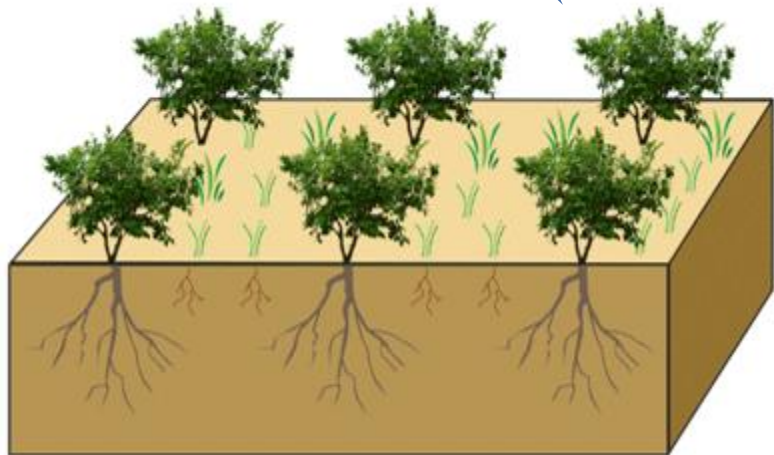
人工灌丛化增强了生态系统碳循环过程，包括碳吸收和碳排放，最终增加了生态系统的碳积累。



# 人工灌丛入侵荒漠草原对能量、水和碳通量的综合影响



植被结构转变

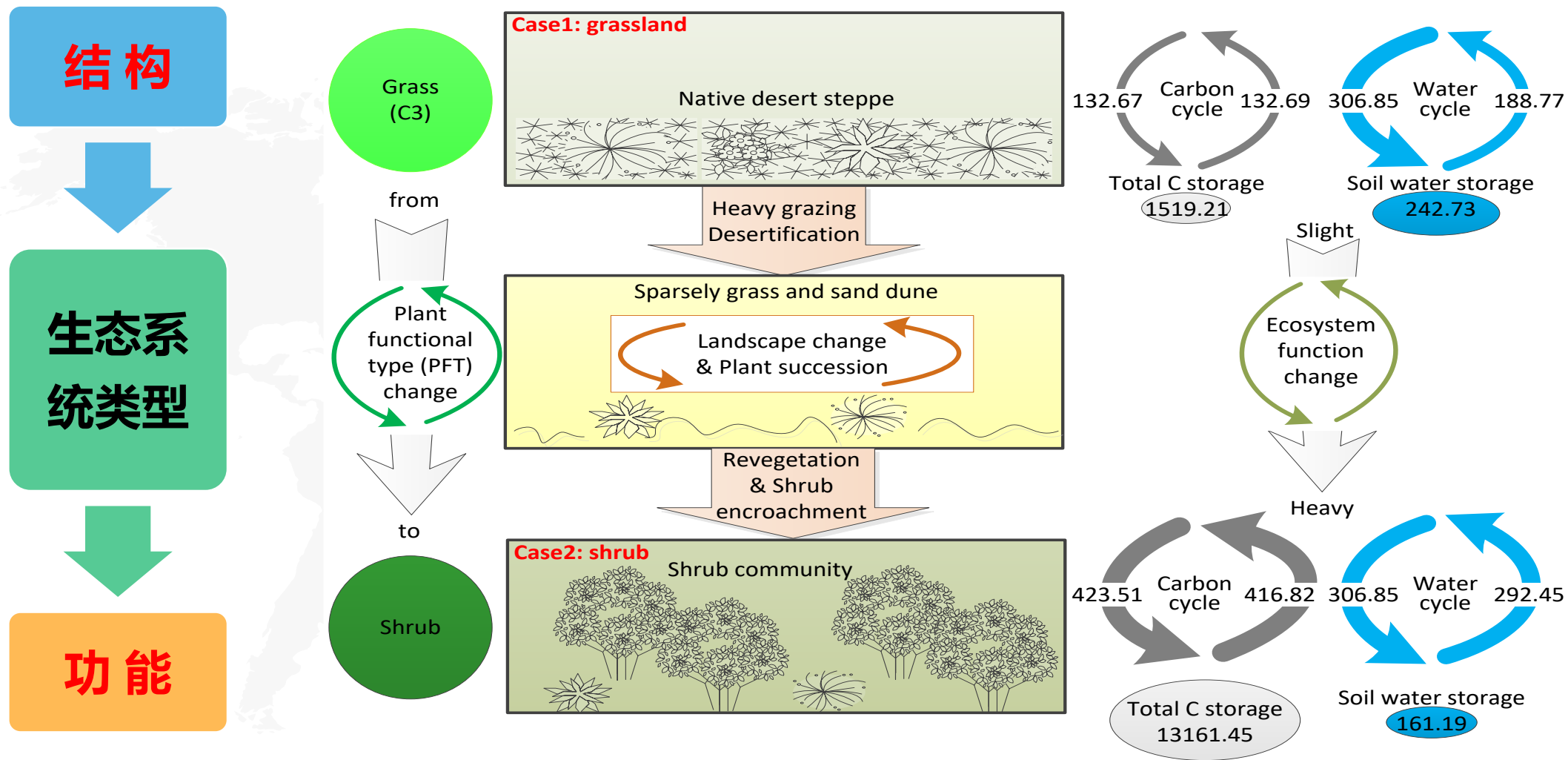


地-气间的能量、水和碳通量均发生不同程度改变





# 人工灌丛入侵荒漠草原:从生态系统结构到生态功能的转变



人工灌丛化植被结构变化引起碳水循环转变的机制



# 荒漠草原人工灌丛建植的碳水权衡



荒漠草原  
人工灌丛化

利  
弊

权衡

生态系统理论

- 双碳背景下，荒漠草原人工灌丛化（灌木建植）是一个显著的碳汇，可以吸收人为排放的二氧化碳，有利于碳中和目标实现。

- 荒漠草原植被重建要考虑其生态水文阈值，超过生态水文阈值的植被重建，可能导致土壤水分过渡消耗，甚至生态系统出现退化。

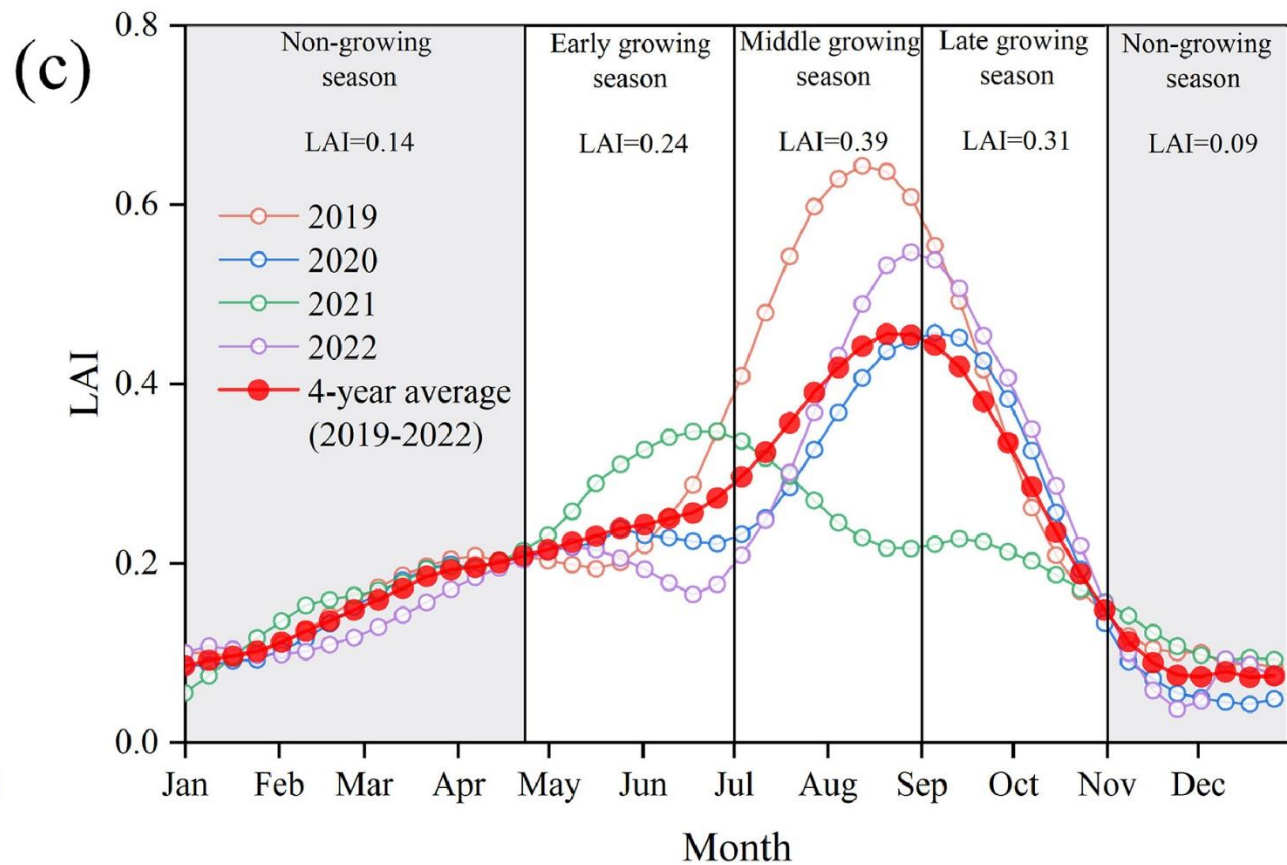
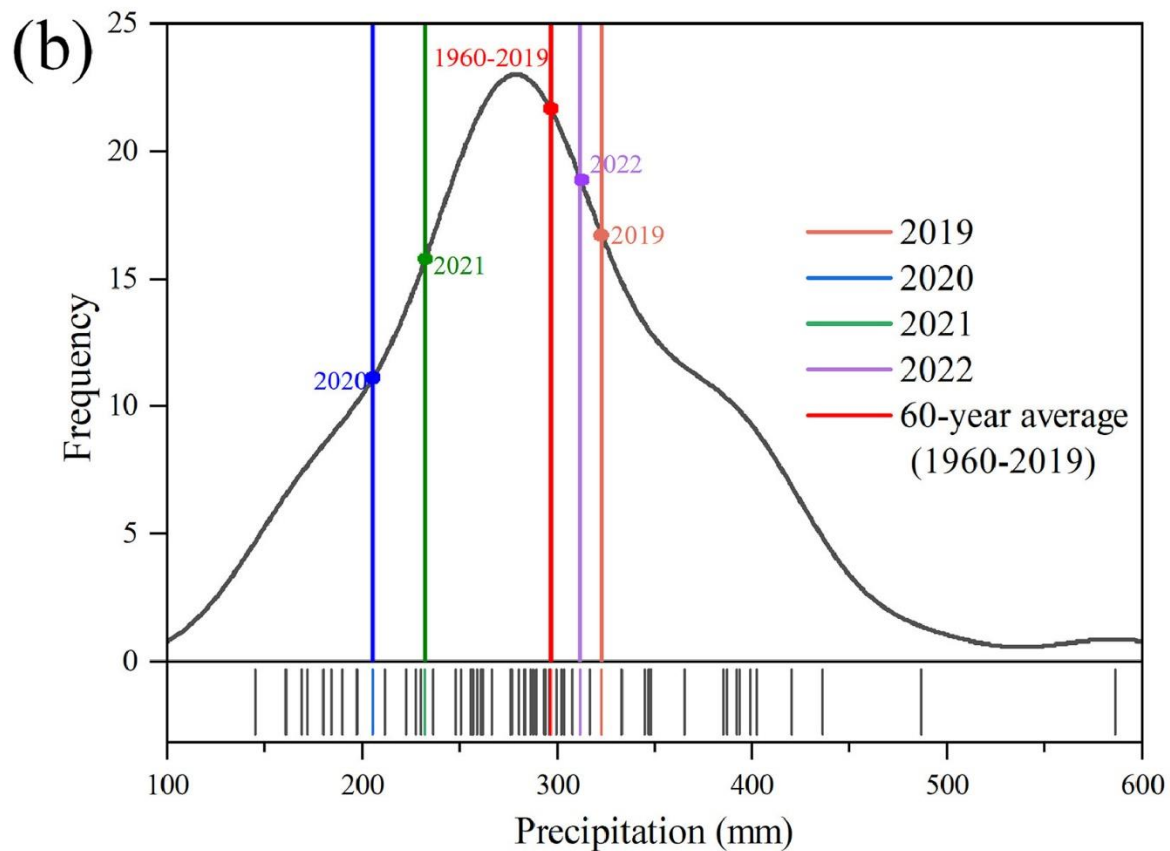
## 提纲

- 一 植被变化区的碳水循环研究意义
- 二 盐池人工灌丛化区碳水观测与模拟
- 三 人工灌丛生态系统碳水循环特征
- 四 人工灌丛化的水碳耦合特征及权衡
- 五 人工灌丛生态系统碳汇对干旱的响应





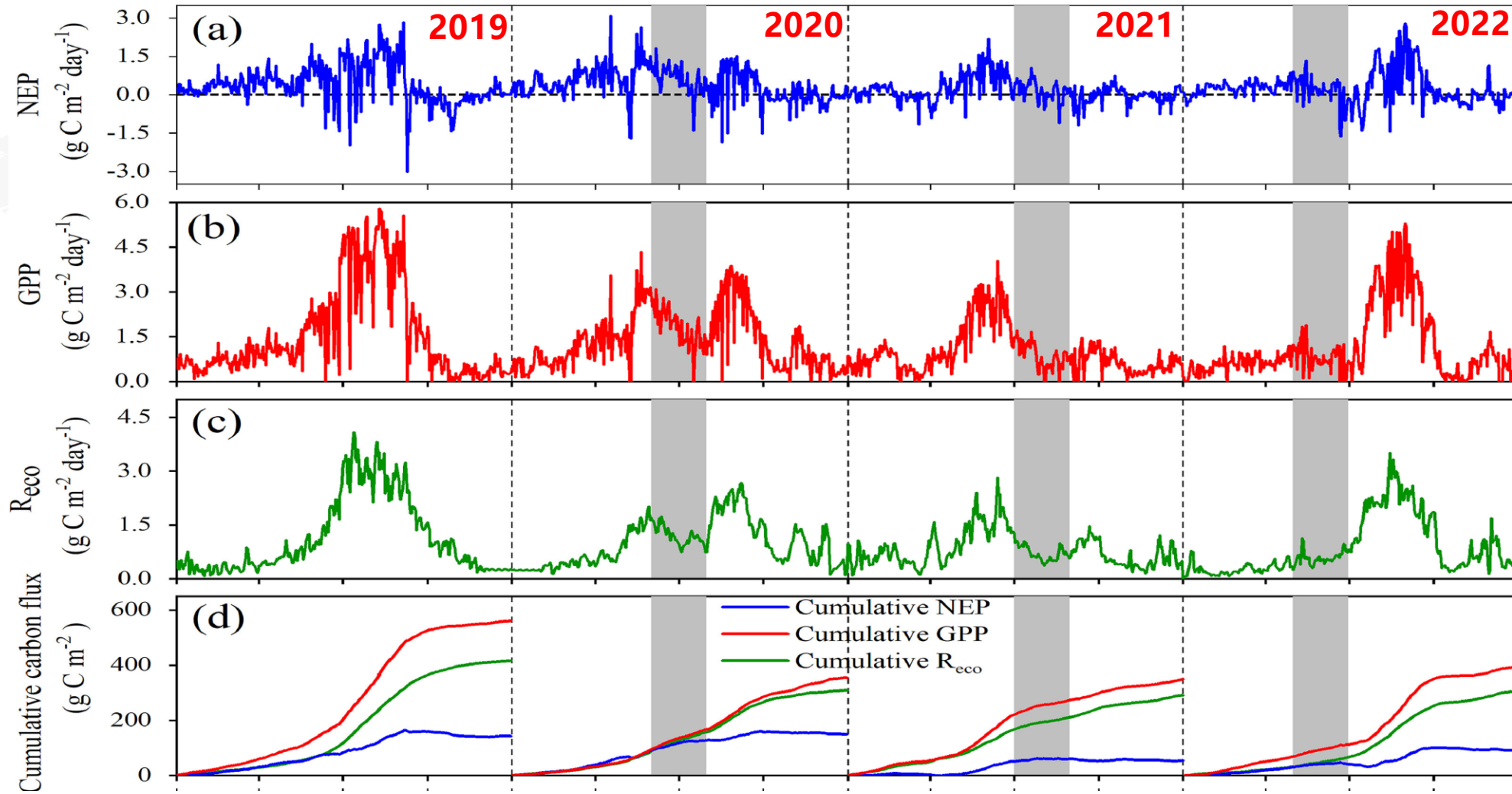
# 2019-2022期间气候特点及干旱诊断



➤ 2019正常年份，2021-2022均在生长季不同阶段发生干旱。



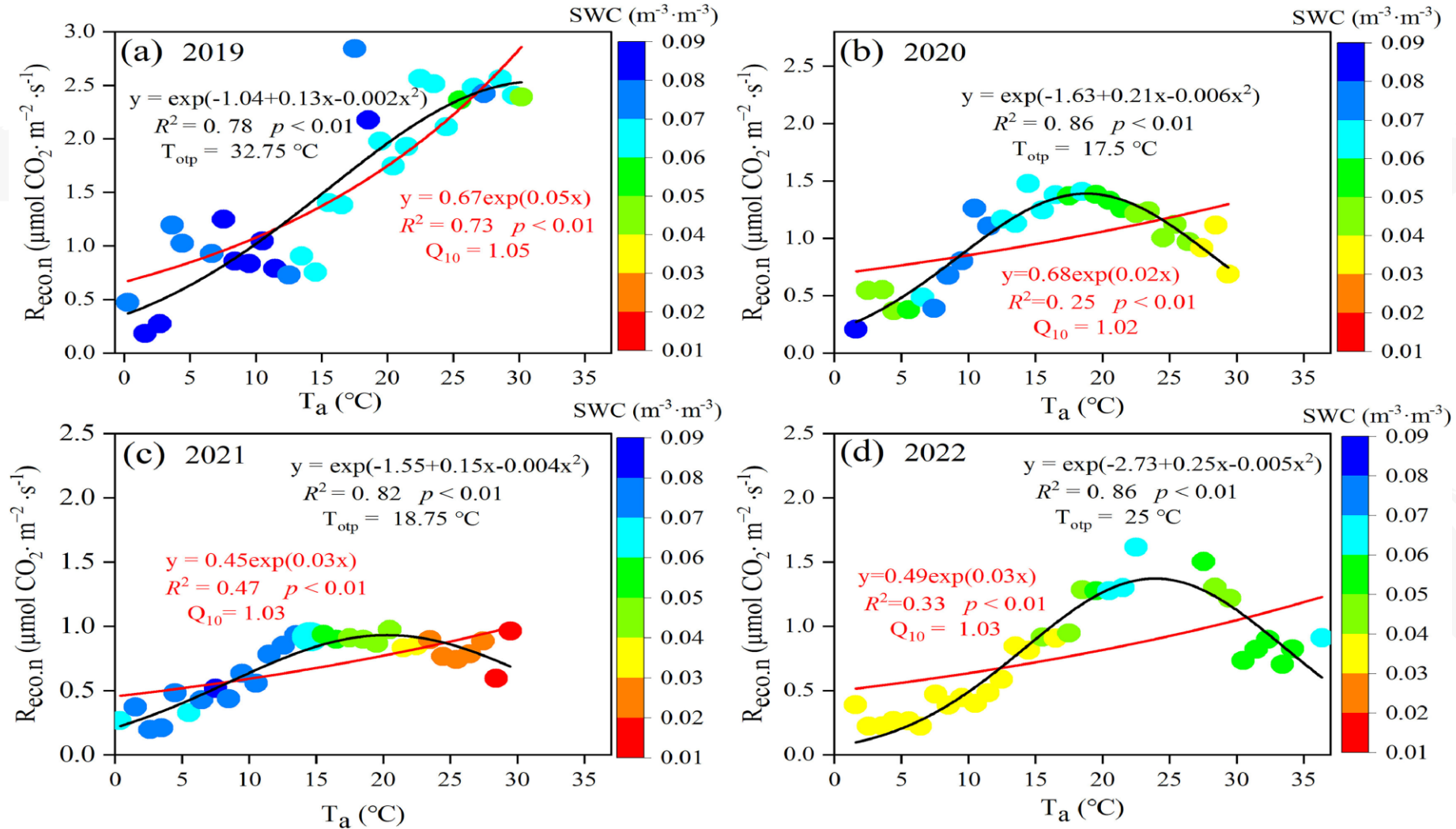
# 生长季不同阶段干旱对人工灌丛碳汇的影响



➤ 2021生长季中期的干旱对人工灌丛的影响最大。



# 夜间生态系统呼吸对空气温度和土壤湿度的响应特征

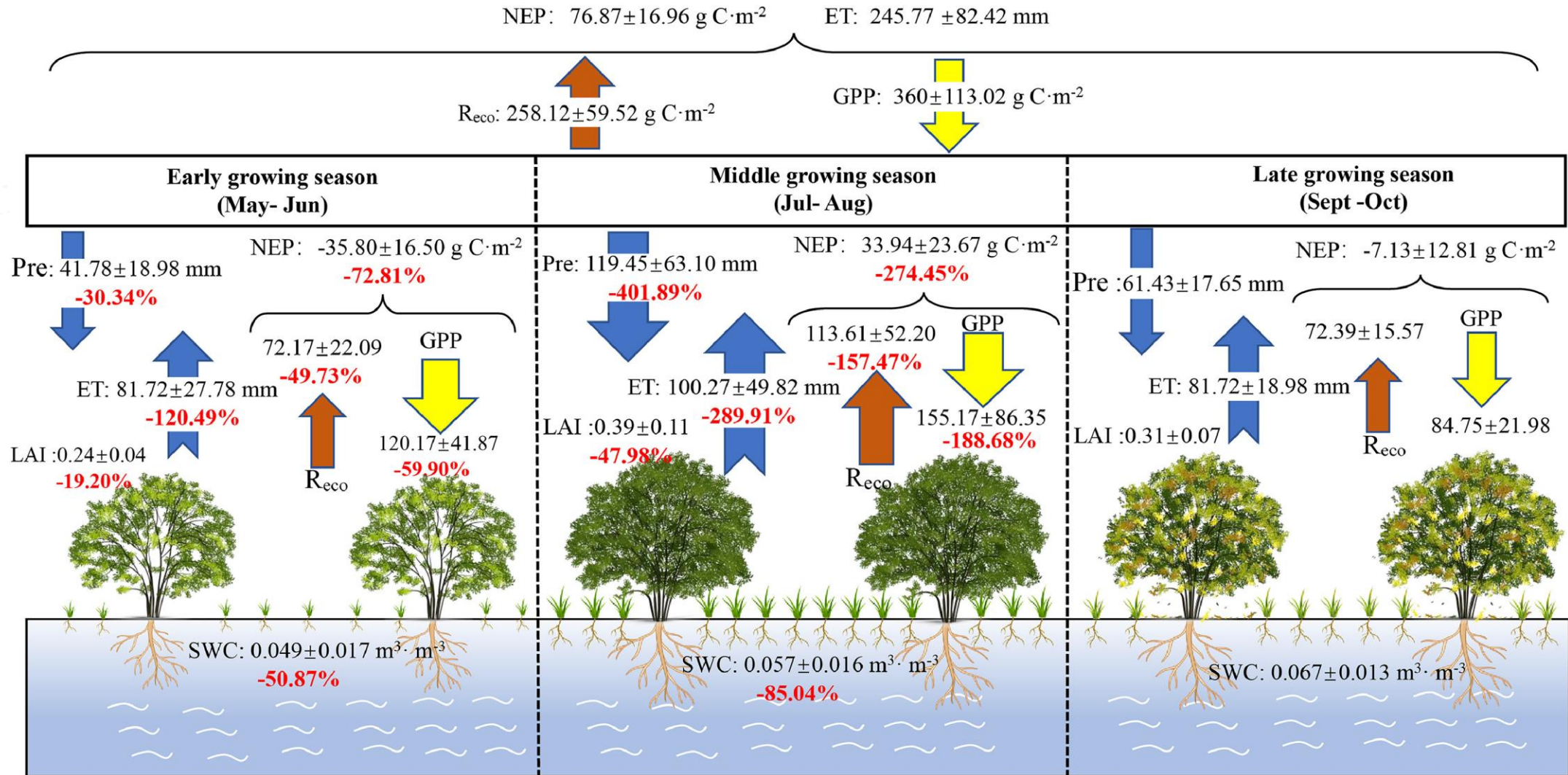


➤ 气温升高和土壤水分降低会对夜间土壤呼吸产生抑制，但不同阶段干旱存在差异。





# 不同阶段干旱对人工灌丛碳水通量及生物物理因素的影响



2019-2022年生长季不同阶段碳水通量及其生物物理因素的变化





谢谢