

生态系统碳通量对环境变化的响应和适应联网观测研究

于 贵 瑞

生态系统网络观测与模拟重点实验室,
中国生态系统研究网络综合研究中心

问题的提出

全球规模的环境变化已经成为公认的事实，变化环境下的生态系统结构和功能状况成为人们关注的焦点，水碳氮的循环是国际学术界关注的核心。

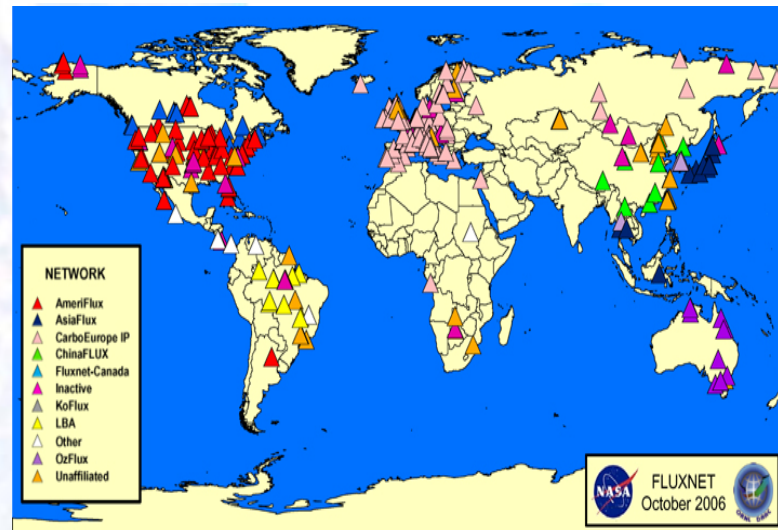
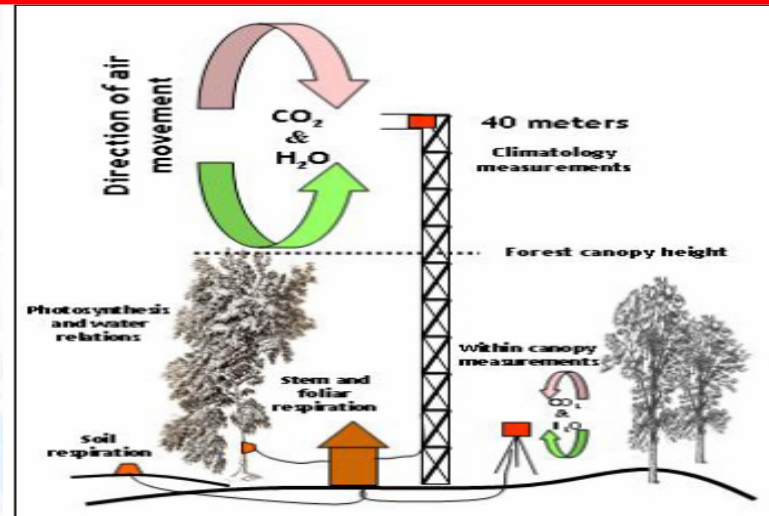
- 生态系统的碳循环过程将如何改变？在时间尺度和空间尺度上的变化规律是什么？
- 生态系统碳循环对短时间尺度的环境变化和长期变化的反应有何区别？两者有何种关系？

观测系统与研究方法

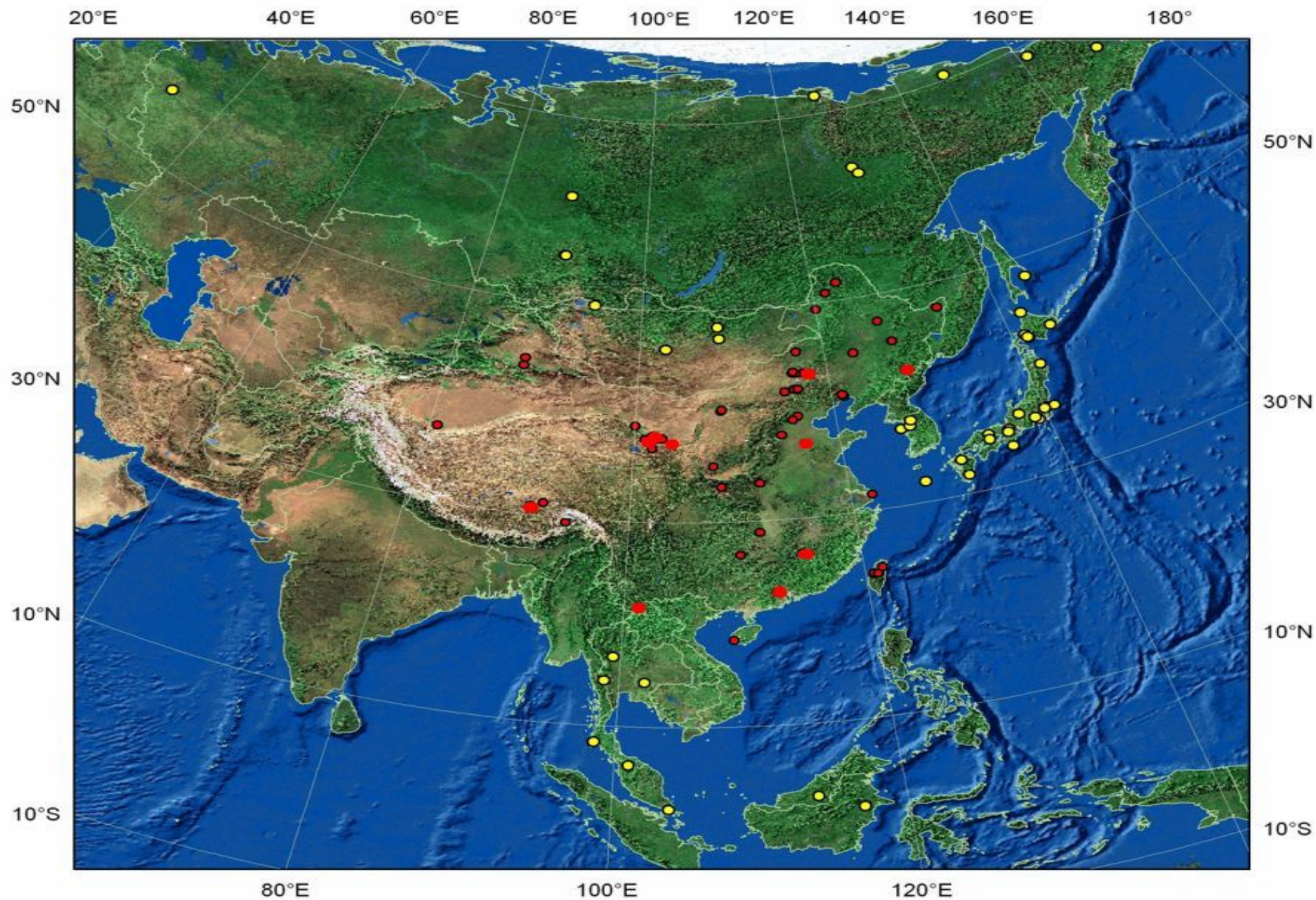
涡度相关通量观测技术能长期连续观测生态系统碳水及通量，为开展生态系统尺度光合/呼吸作用/蒸散发提供了有效方法

为可定量描述生态系统碳水通量在不同时间尺度上对环境变化的响应特征提供了可能

通过涡度相关通量联网观测测量的空间变化的影响特征



东亚区域生态系统通量观测站点的空间分布



ChinaFlux观测研究平台

2001年开始
筹建

2002年开始
运行

2003年加入
国际通量观
测网络

已经获取了
连续4年以
上的观测数
据

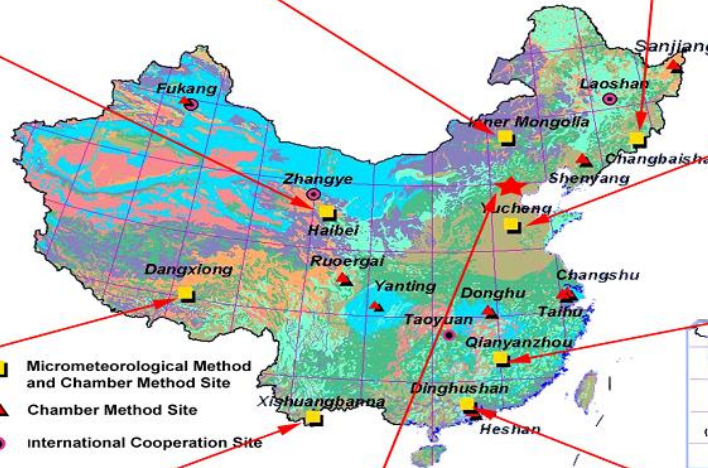
Flux Observation Site of Inner Mongolia Grassland



Flux Observation Site of Changbaishan Temperate Deciduous Broad-leaved and Coniferous Mixed Forest



Flux Observation Site of Haibei Highland Frigid Meadow



Flux Observation Site of Yucheng Warmer Temperate Dry Farming Cropland



Flux Observation Site of Dangxiang Alpine Meadow



Flux Observation Site of Qianyanzhou Man-planted Forest on Red Soil Hill Region



Flux Observation Site of Xishuangbanna Tropic Seasonal Rainforest



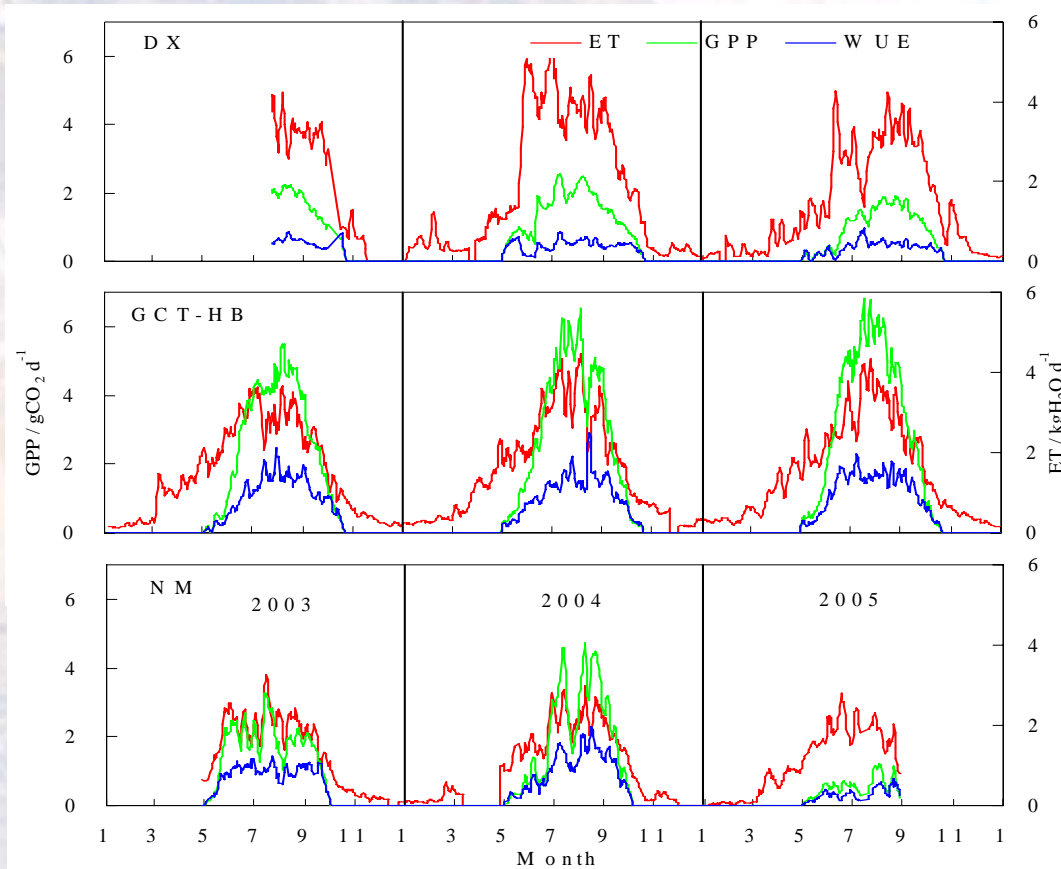
CERN ChinaFLUX Office



Flux Observation Site of Dinghushan Sub-tropic Typical Tropical Evergreen Broad-leaved Forest

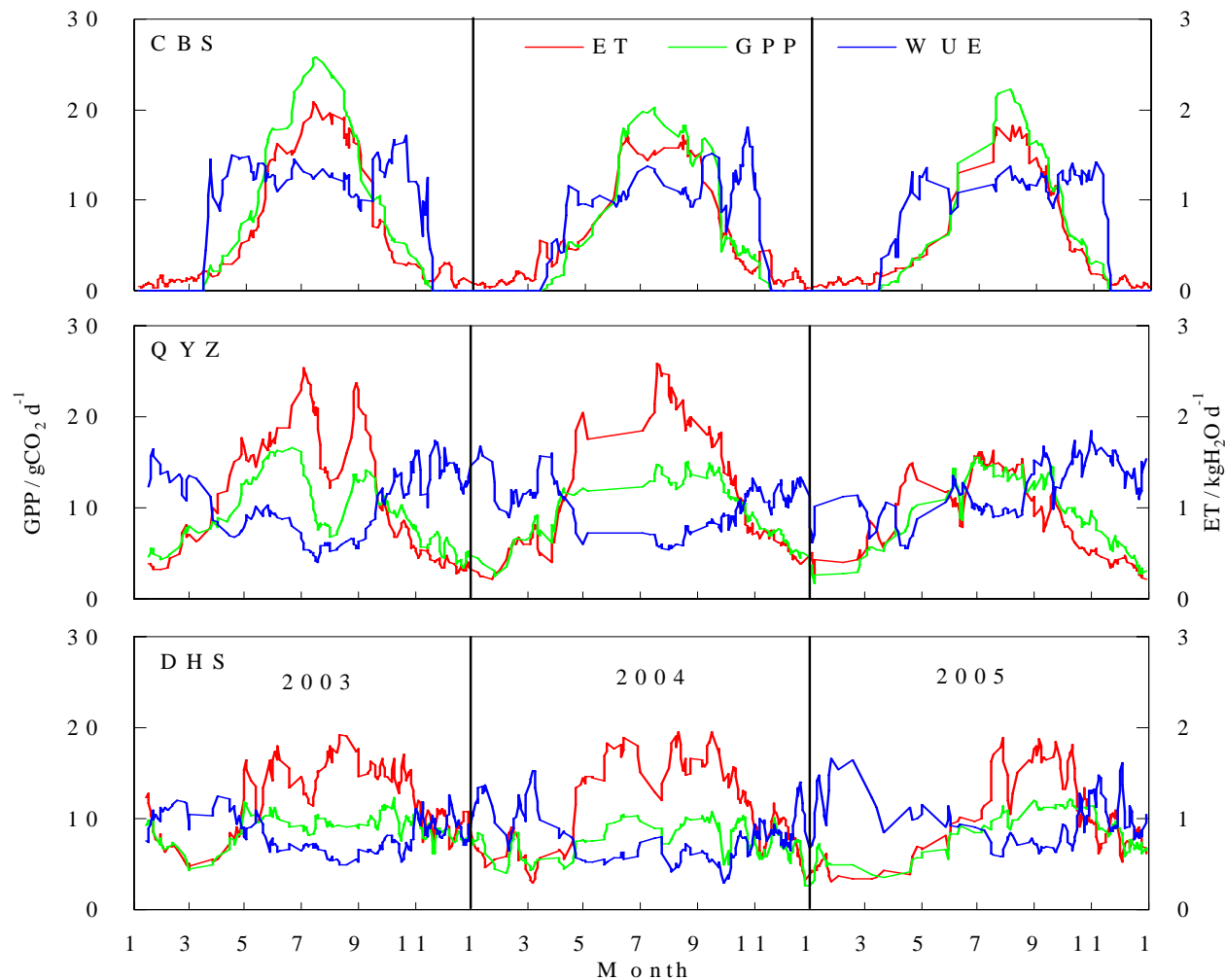
观测研究的结果

1. 生态系统碳水通量的季节和年际间变化



中国大陆受亚洲季风气候影响，主要生态系统碳水通量的季节动态基本呈现为单峰型变化模式；

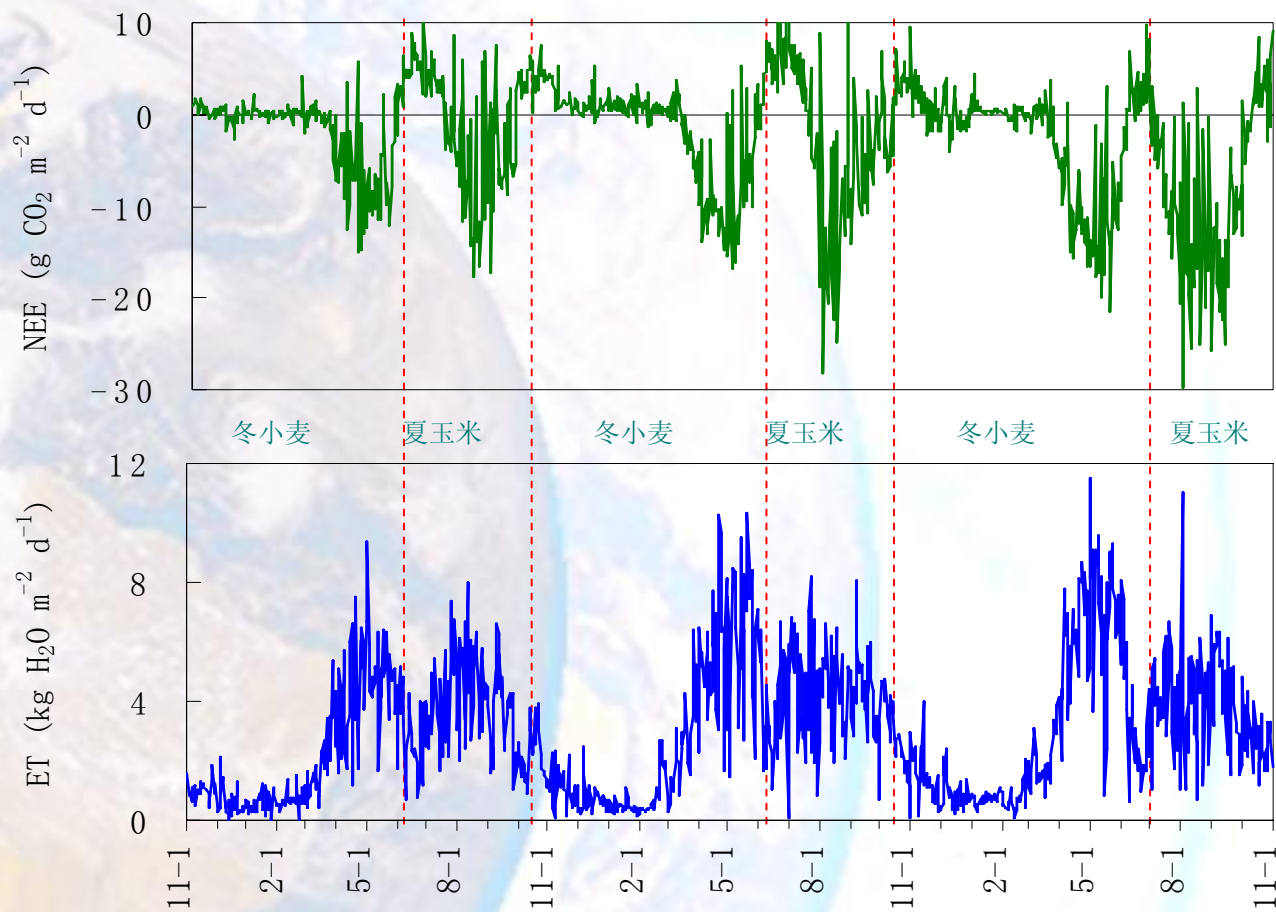
但是，受土壤水分条件等影响，各生态系统碳水通量的季节模式表现出不同程度的波动。



北方温带森林和草地生态系统的WUE主要受植被光合作用控制，WUE与NEP和TE保持同步性的季节性变化；

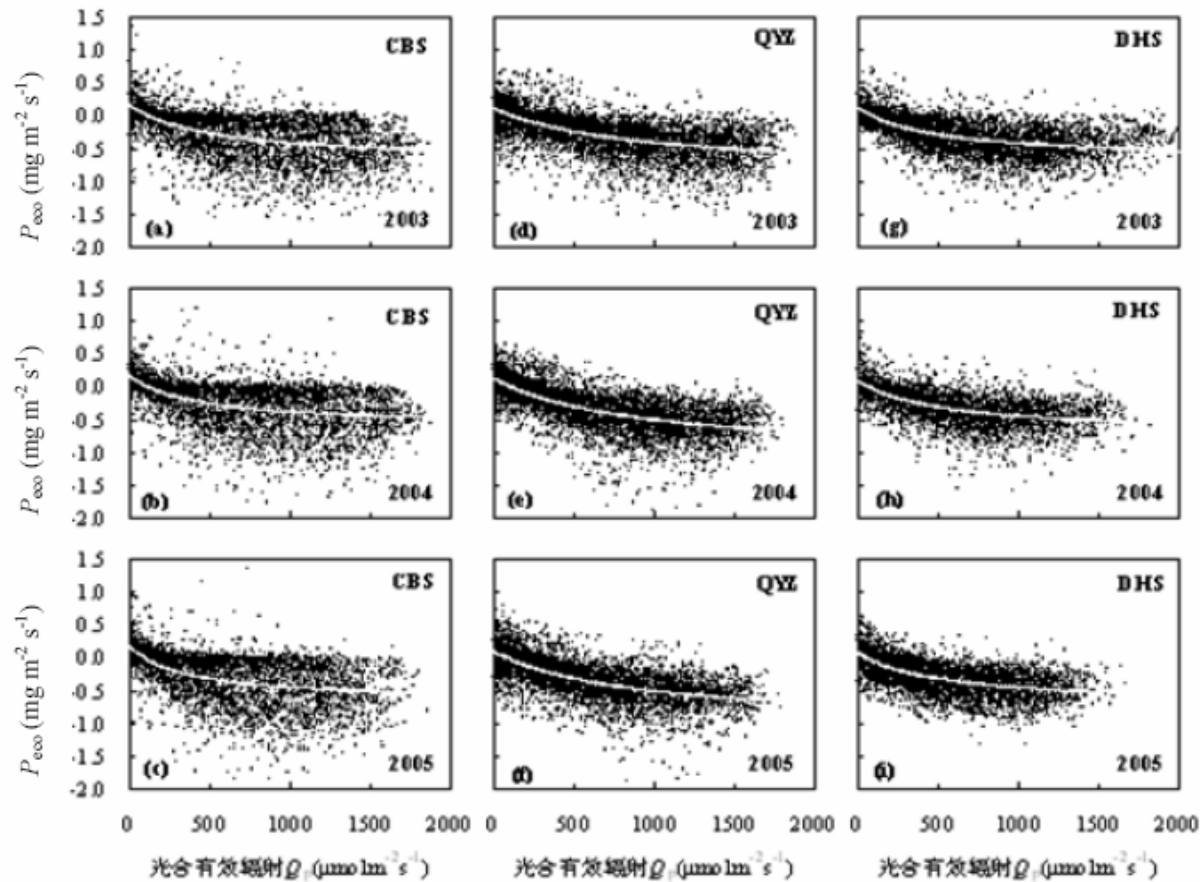
亚热带森林WUE的季节变化却与NEP和TE的季节性变化不同步，在生长旺季WUE较低。

森林生态系统GPP、ET和WUE的季节变化



中国华北农田生态系统碳水通量季节变化
(山东 禹城 2002~2005)

森林生态系统光合对辐射环境的响应

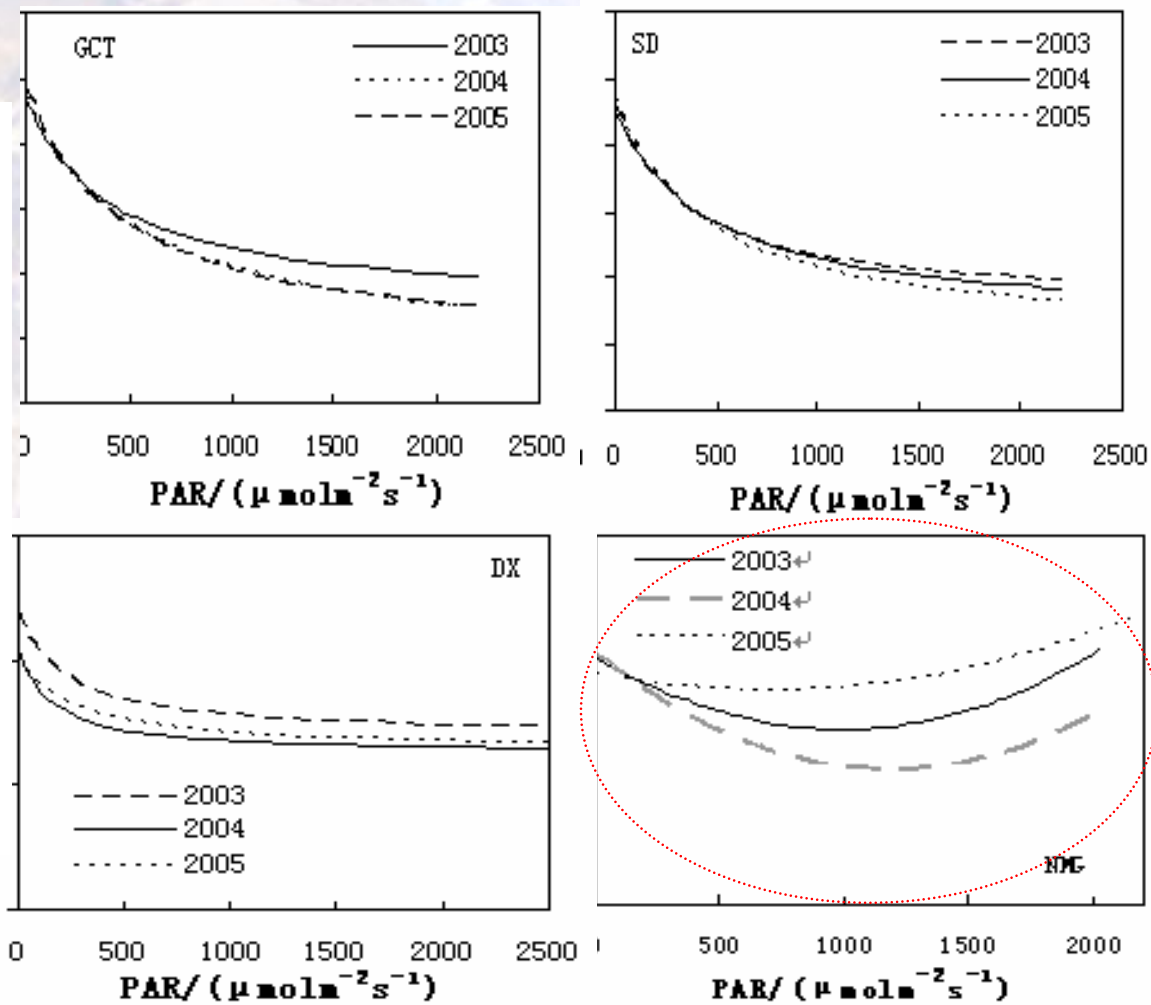


不同生态系统的光合作用对光合有效辐射的响应均可以用直角双曲线函数进行描述。

森林生态系统

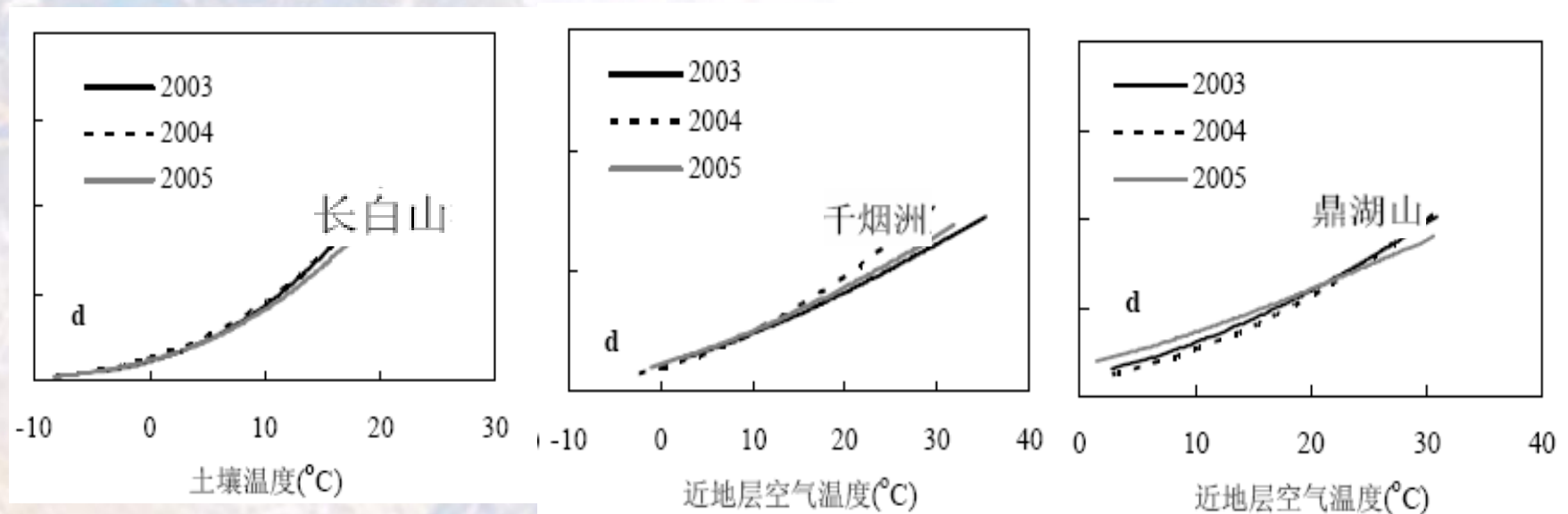
草地生态系统对辐射环境的响应

NEE



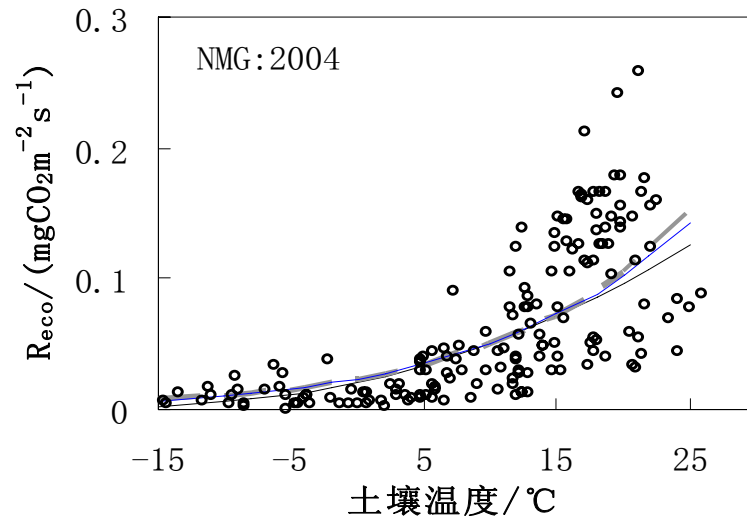
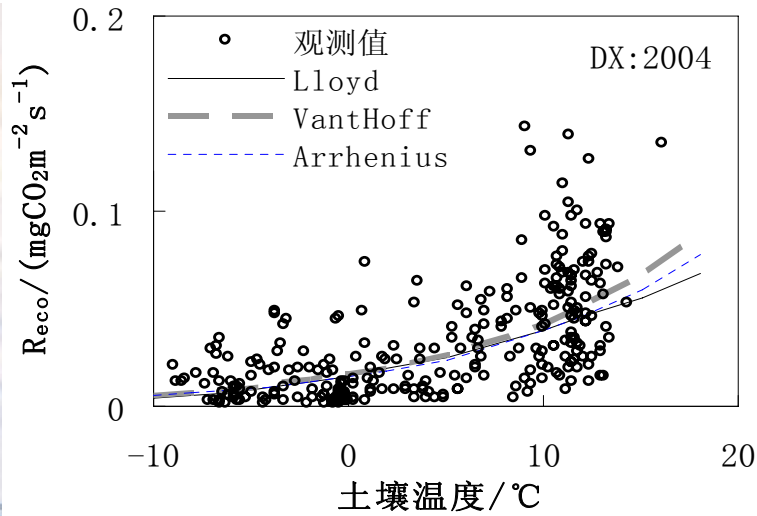
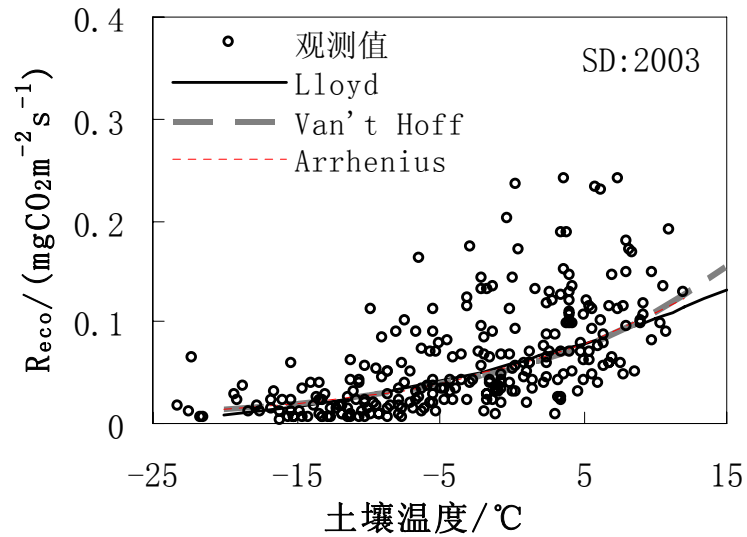
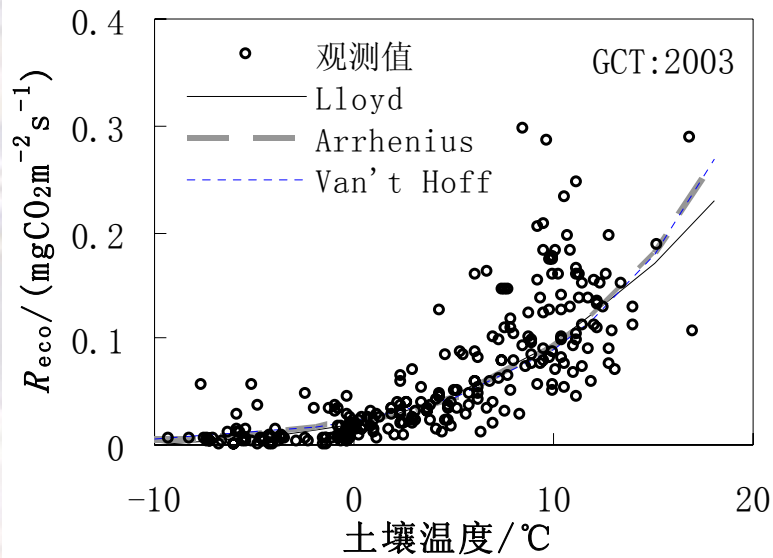
蒙古温带
草原生态
系统NEE
出现光抑
制现象，
这主要干
旱胁迫引
起。

森林生态系统呼吸对温度的响应



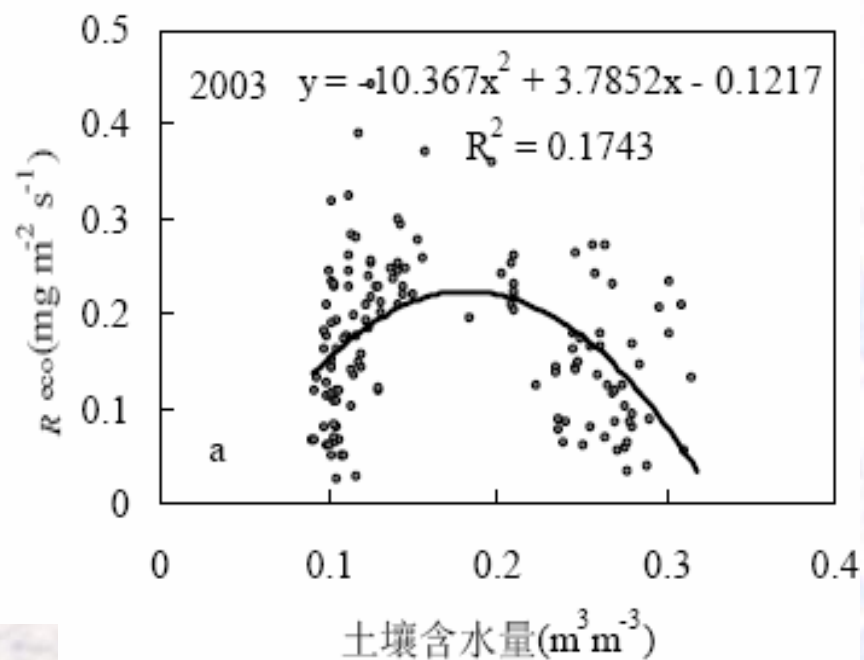
森林生态系统呼吸对温度的响应主要用指数方程（ Q_{10} 模型）描述，研究表明不同生态系统 Q_{10} 值有很大的变异性。

草地生态系统呼吸对温度的响应

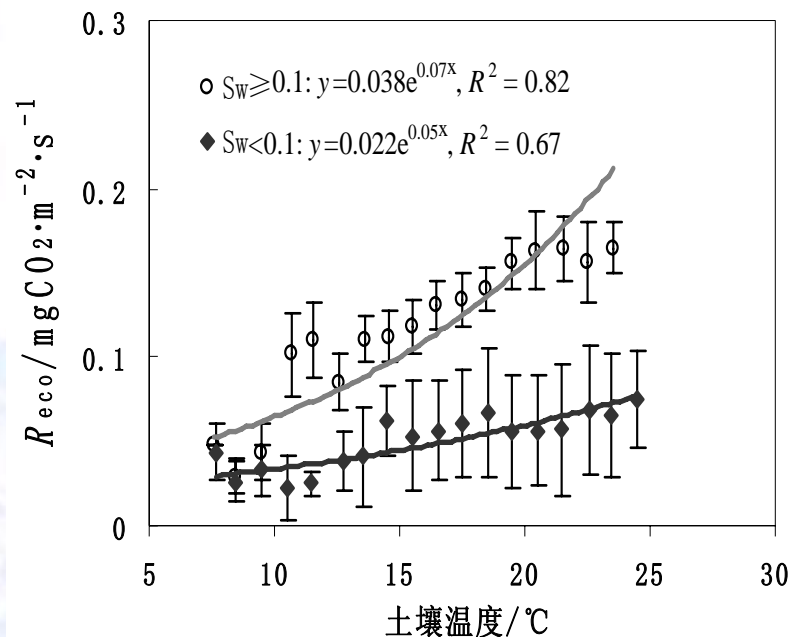


生态系统呼吸对土壤水分状况的响应

千烟洲亚热带人工林

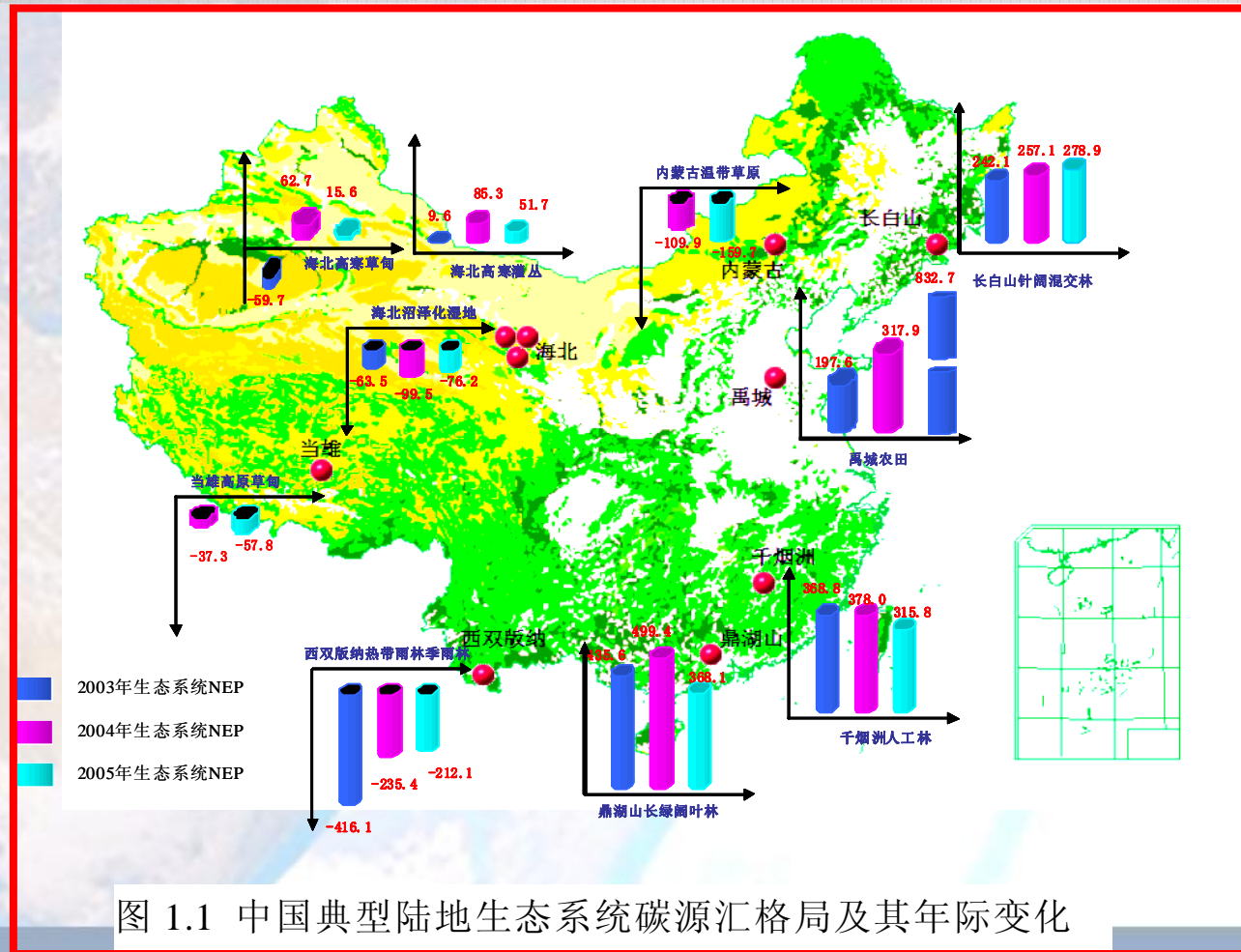


内蒙古温带草原

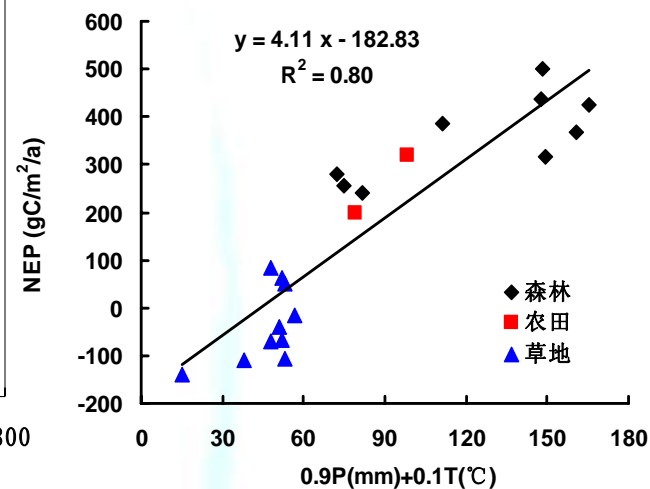
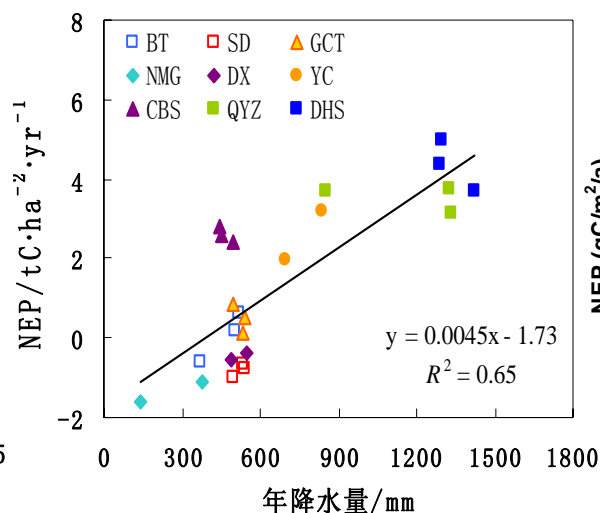
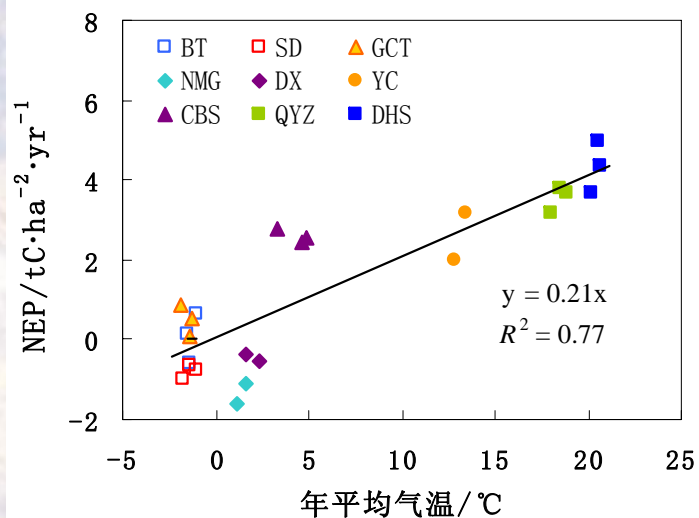


水分是影响生态系统呼吸的重要因素，脉冲式降水对土壤呼吸具有激励作用
对于千烟洲亚热带人工林，生态系统呼吸对土壤水分含量的响应趋势为先增加后降低，对于内蒙古温带草原，土壤含水量的增加能显著增加生态系统呼吸速率及其温度敏感性

2. 生态系统碳通量空间格局的变化

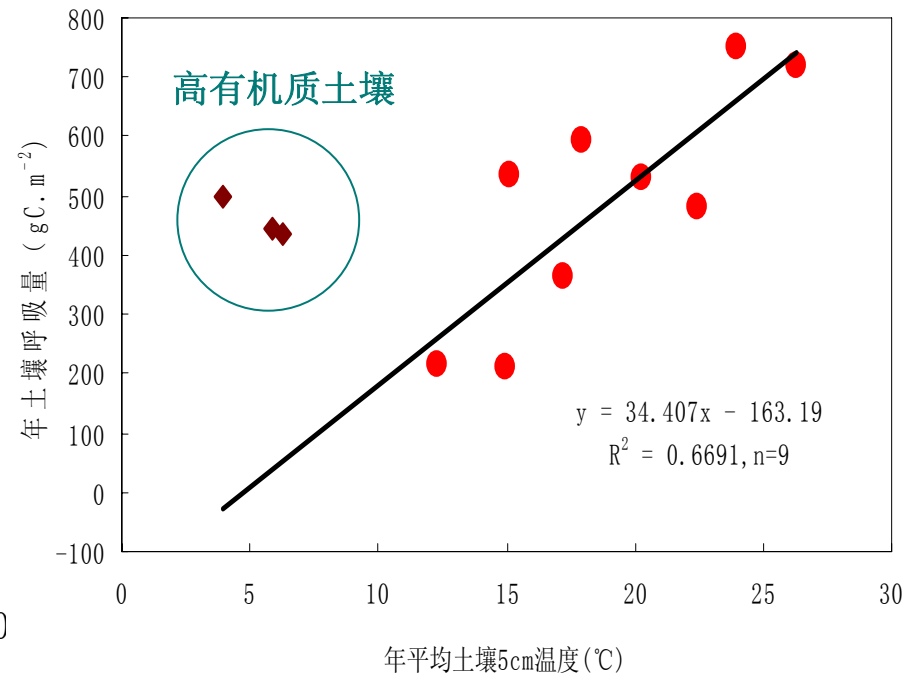
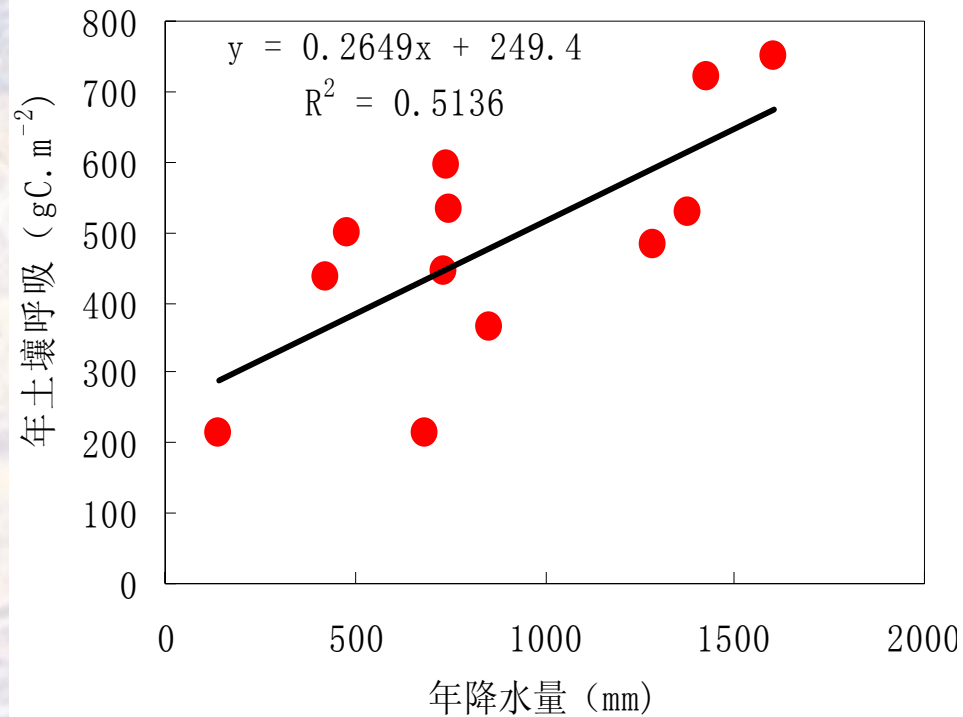


生态系统碳通量空间格局与环境变化的关系

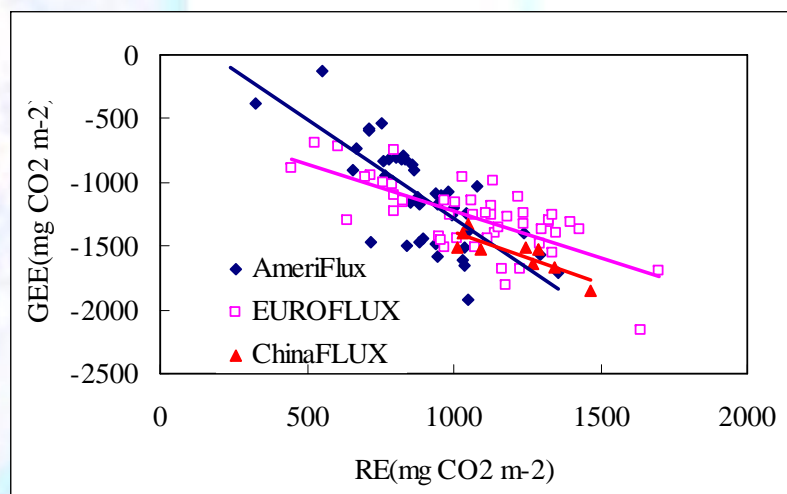
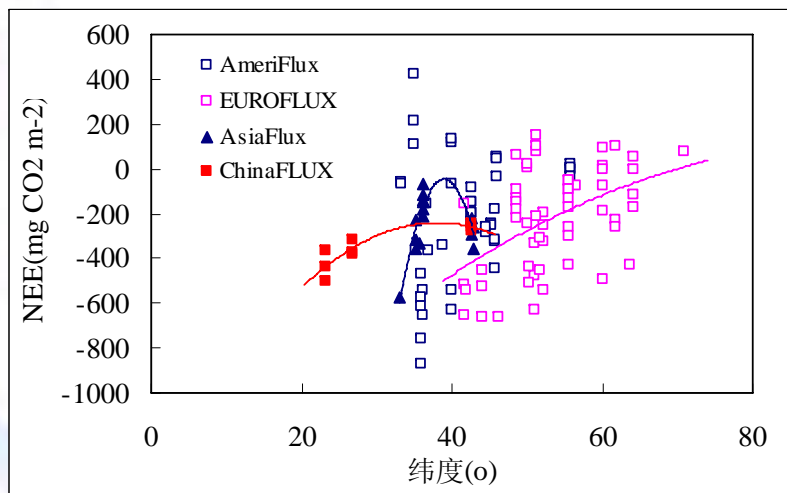
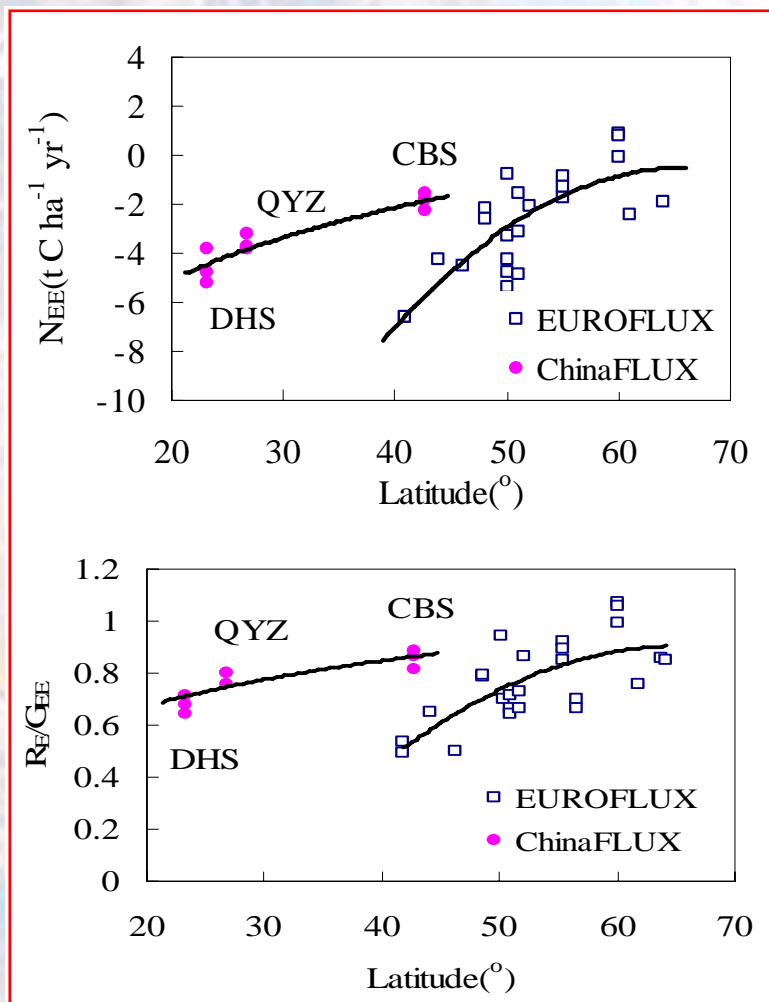


在区域尺度上，温度和水分是决定陆地生态系统碳收支的主要因素，其中，降水对温带草地生态系统NEE的影响比温度的影响强，而森林生态系统NEE与温度的相关性更高。

生态系统土壤CO₂排放通量空间格局与环境变化的关系



亚洲季风区生态系统碳通量格局与欧洲的差异



问题与讨论

生态系统碳通量对短时间环境变化的反应与对空间格局环境梯度的反应截然不同，那么

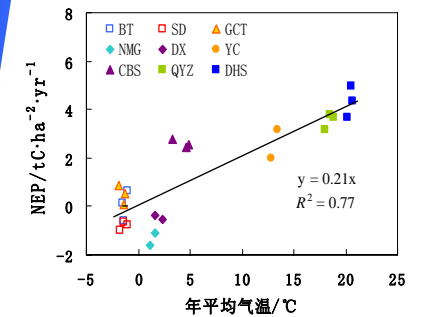
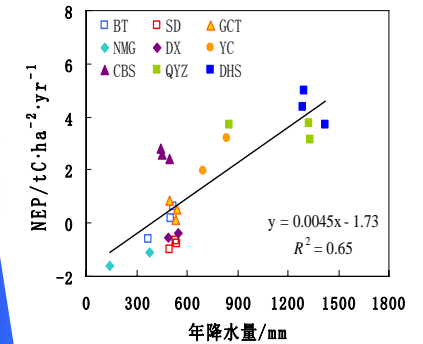
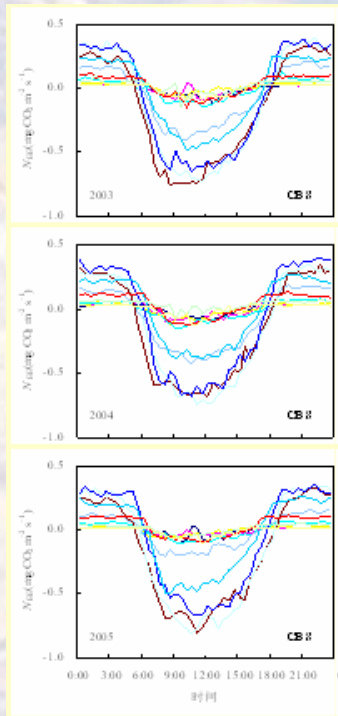
- 产生这种差异的机制是什么？两者具有何种关系？
- 如何区分生态系统对环境变化的响应和适应

生态系统对环境变化的生理性响应与生态适应的区别

- ❖ 环境变量对通量变化的驱动机制在不同时间尺度下，其作用机制是不同的，即生态系统功能对环境变化的响应和适应具有不同的机制。
- ❖ 短期的环境波动是在既定的生态系统结构和功能、过程间相对平衡的条件下，仅仅是由于环境要素的改变而改变的，表现为生态系统功能对短期环境变化的生理性响应。
- ❖ 长期的环境变化或区域环境梯度的驱动作用主要是通过改变生态系统结构或过程间的平衡来而发挥作用的，表现为生态系统功能对长期环境胁迫的生态适应。

气象要素的日变化、季节变化和年际间波动（辐射、温度，降水和土壤水分）

长期的气候和环境变化（温度升高，降水变化、辐射平衡）

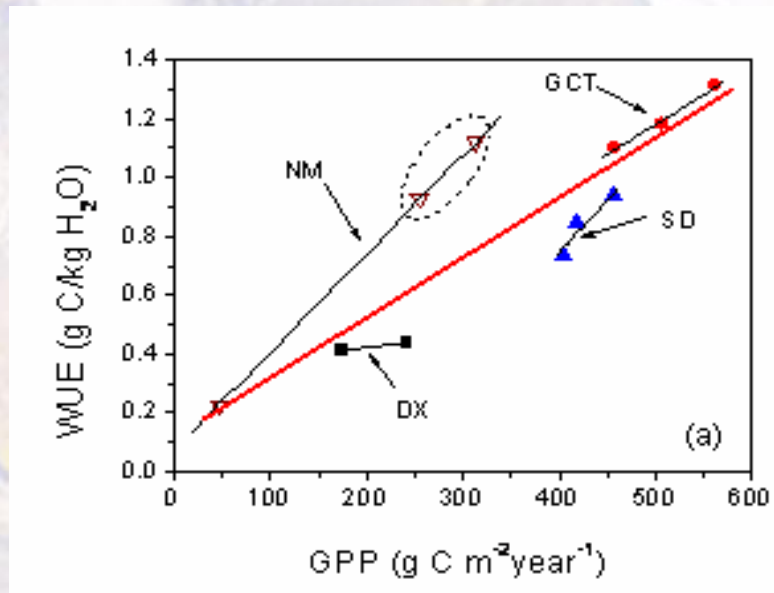


生理响应

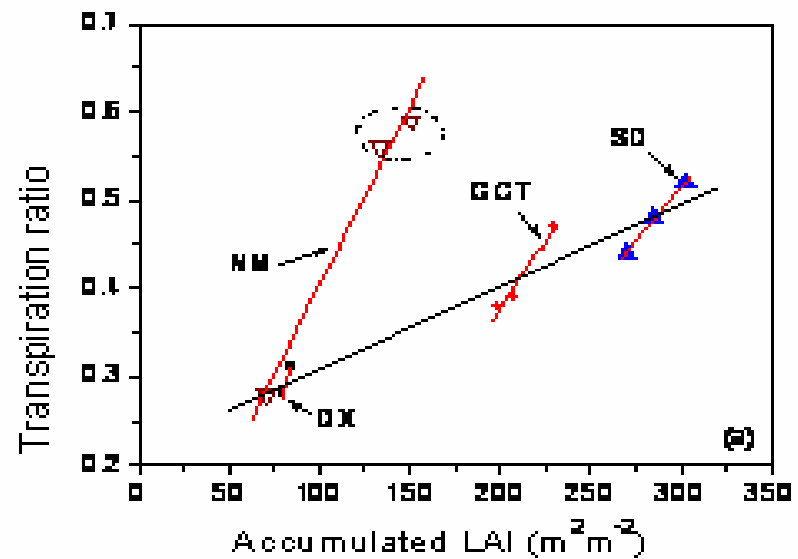
生态系统

生态适应

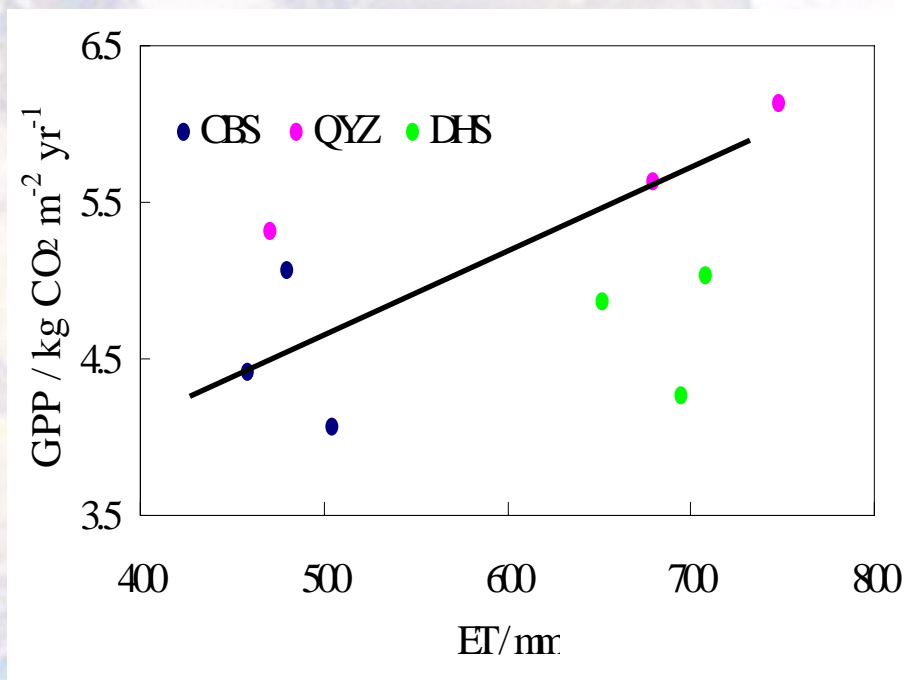
草地生态系统的WUE与GPP关系在空间格局和年际间变异的异同



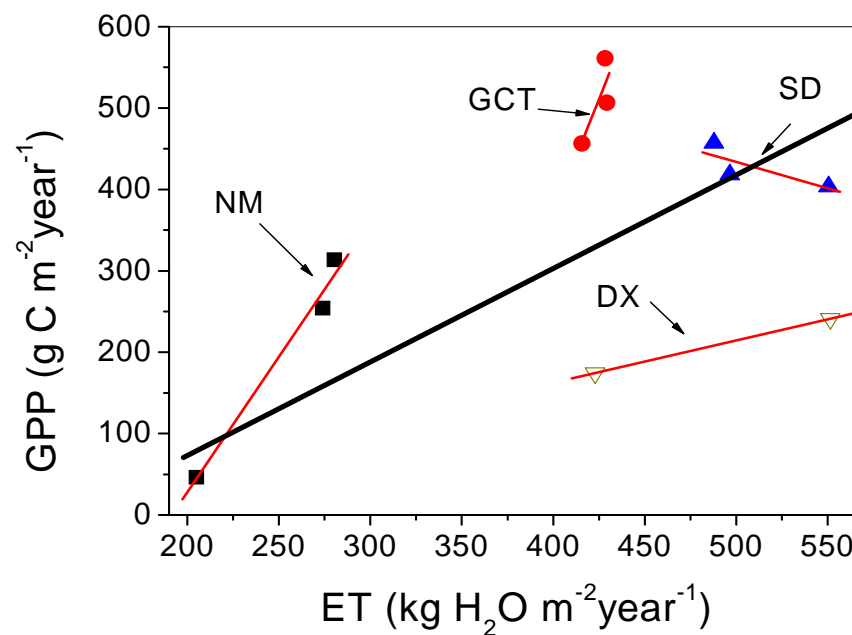
草地生态系统的TE与LAI关系在空间格局和年际间变异的异同



森林生态系统的GPP与ET耦合关系在空间格局和年际间变异的异同



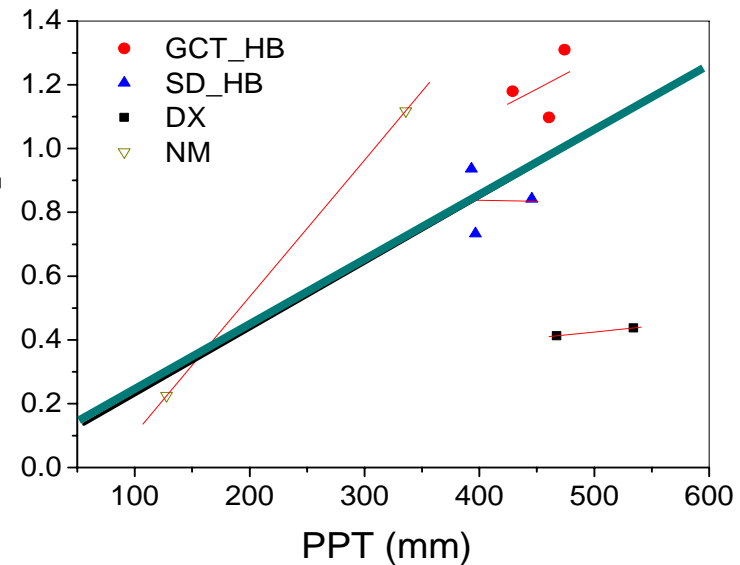
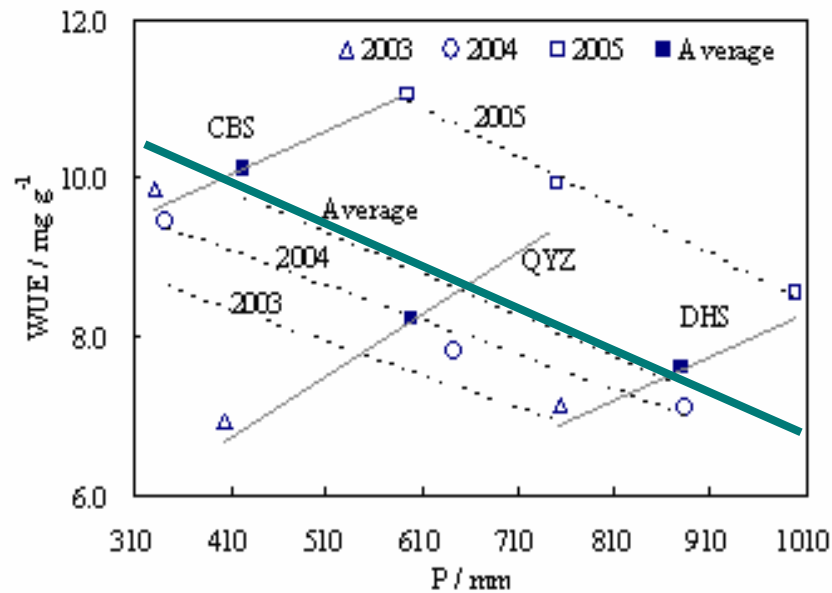
草地生态系统耦合关系在在空间格局和年际间变异的异同



年尺度上生态系统水碳通量在森林生态系统无显著相关性，而在草地生态系统，水碳通量密切相关；空间上，水碳通量呈正相关关系。

森林生态系统的 WUE对降雨量的响 应与适应的差异

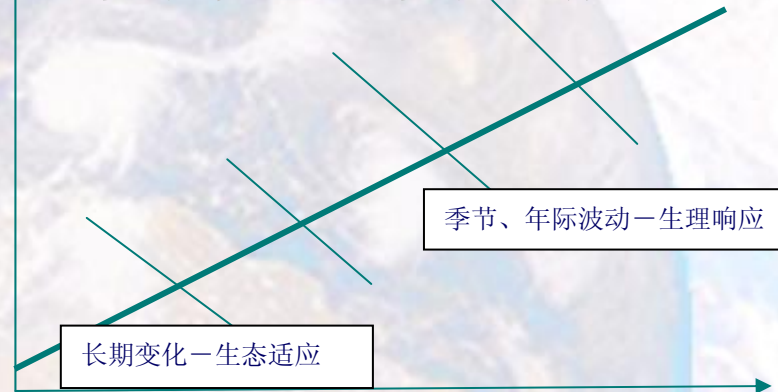
草地生态系统WUE 对降雨量的响应与 适应的差异



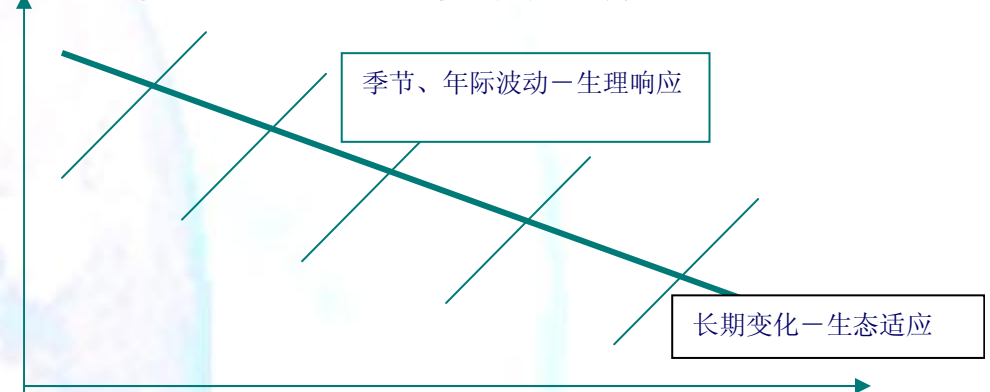
总体而言，森林生态系统与草地生态系统的WUE均随年降水量的增加而增加；空间上，森林生态系统WUE随降雨量的增加而降低，而草地生态系统WUE随降雨量的增加而增加

生态适应和生理性响应的相互作用的4种基本模式

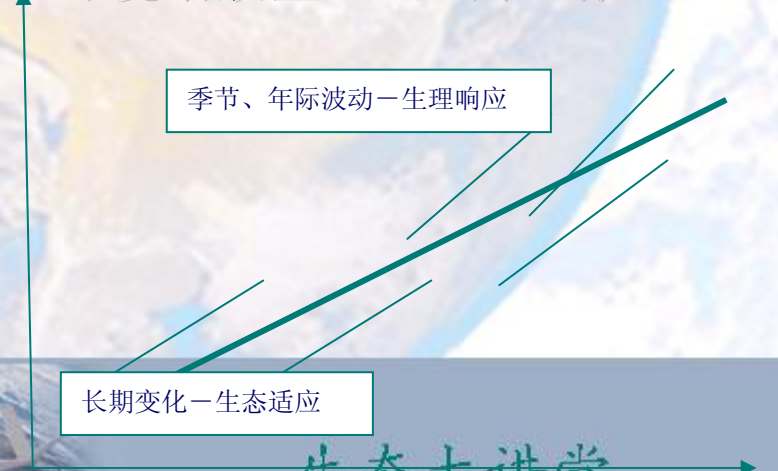
环境增效型 (A负向互作)



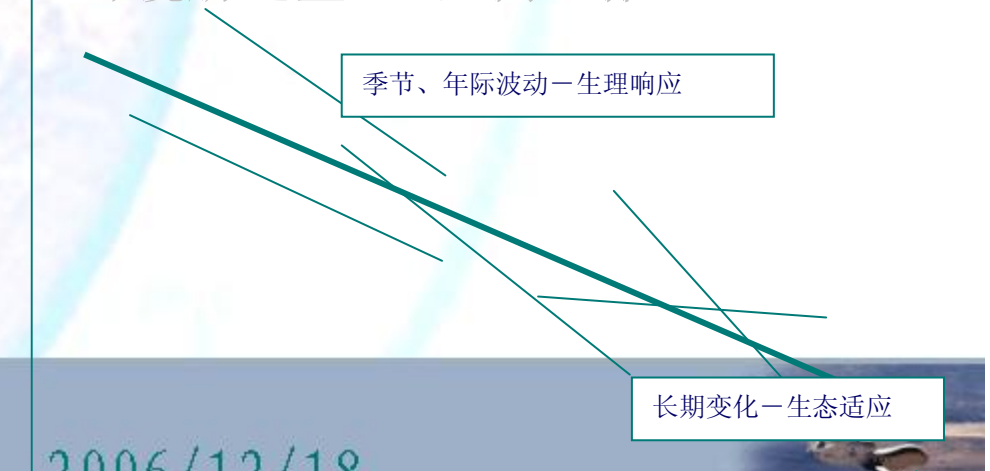
环境胁迫型 (A负向互作)



环境增效型 (B正向互作)



环境胁迫型 (B正向互作)



小 结

- 基于涡度相关技术的通量观测已成为目前生态系统碳水通量观测最普遍的方法，中国通量联网的观测研究事业已取得了长足的进步，并不断发展壮大；
- 生态系统碳水通量在季节和年际间具有规律性的变化，同时，生态系统碳通量空间格局是由环境梯度变化驱动的，中国区域的碳通量空间格局与欧洲不同，表现出明显的季风区域特征。
- 生态系统碳通量对短时间环境变化的反应与对空间格局环境梯度的反应截然不同，体现了生态系统对环境变化的生理性响应与生态适应的机制性差异；
- 生态系统的生态适应和生理性响应的相互作用主要有4种基本模式，关于其相互作用机制的研究是全球变化生态学研究的重要科学命题。

A scenic landscape featuring a river flowing through a lush green area. The river is in the foreground, reflecting the blue sky. On the left bank, there are several large, leafy trees. The background shows a green field and a clear blue sky with a few white clouds. The overall atmosphere is peaceful and natural.

谢谢！