



中国科学院专项观测研究网络

中国陆地生态系统通量专项观测研究网络 2014年年度工作报告

中国陆地生态系统通量专项观测研究网络办公室

中国生态系统研究网络综合研究中心

二零一四年一月三十日



中国生态系统通量专项观测研究网络是基于中国生态系统研究网络（CERN）和中国陆地生态系统通量观测研究网络（ChinaFLUX）构建的专项性网络，是中国科学院的6个专项性观测研究网络之一。

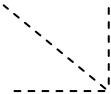
通量专项观测研究网络于2012年正式启动运行，依托CERN中具备通量观测条件台站，开展不同类型生态系统通量的长期和连续观测与研究。现阶段观测站点共计19个，包括6个农田、7个草地（含湿地与荒漠）和6个森林观测站点。

对于中国的通量观测研究事业，2014年是一个值得纪念的年份，在相关领导和专家的大力倡导和支持下，国内通量观测研究台站的广泛参与下，中国通量观测研究联盟（ChinaFLUX）正式成立，本专项网络的成员台站已经成为联盟的重要组成部分。

2014年，通量专项观测网络在网络平台建设、观测技术、数据积累、数据共享服务和研究成果产出方面均取得了更大的进展。在回顾和总结一年工作的同时，特向中国科学院CERN领导办公室及相关机构与领导的长期关怀和指导表示感谢，向长期关注和支持中国区域通量观测研究事业的各位人士表示衷心感谢！

中国生态系统通量专项观测研究网络办公室

2015年1月30日



目录

- 专项观测网络运行-----2
- 数据积累与服务-----5
- 主要研究进展-----6
- 学术交流与合作-----25



1. 专项观测网络运行

基本概况

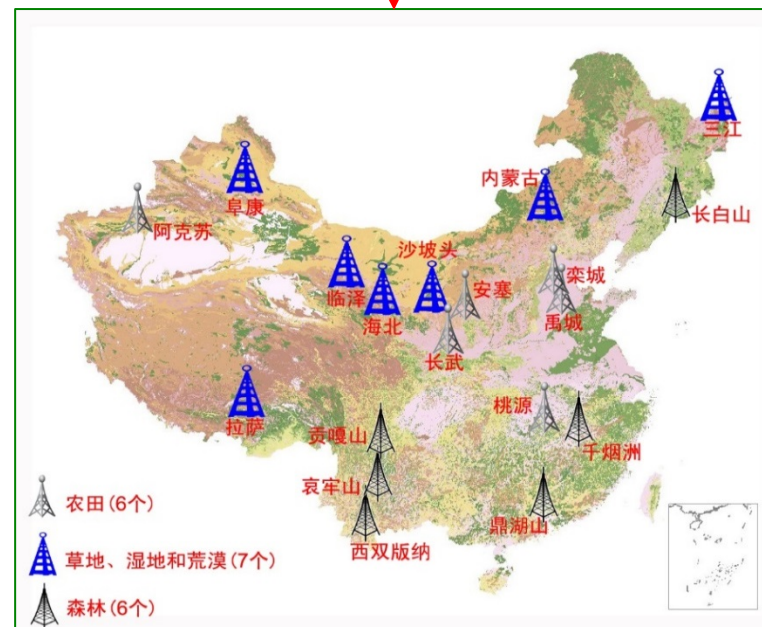
中国通量观测研究联盟 Chinese Flux Observation and Research Network (ChinaFLUX)



- 目前，中国陆地生态系统通量专项观测研究网络由19个台站组成：
 - ❑ 森林站：长白山、千烟洲、鼎湖山、贡嘎山、哀牢山、西双版纳
 - ❑ 草地站：三江站、内蒙古、海北、拉萨、安塞、
 - ❑ 农田站：阿克苏、临泽、长武、桃源、栾城、禹城
 - ❑ 荒漠站：阜康、沙坡头
- 中国陆地生态系统通量专项观测研究网络的成员台站是中国通量观测研究联盟（ChinaFLUX）的重要组成部分



中国通量观测研究联盟



通量专项观测研究网络站点分布

网络运行

人员投入

- 各依托台站均对通量观测的正常、持续运行给予了高度重视，通量观测已经成为各台站和CERN野外观测体系中的重要组成部分。
- 据不完全统计，2014年19个成员站共投入通量观测人员达80余人，其中15名研究员、18名副研究员、30余名助研及大批博士、研究生围绕通量观测开展研究工作。
- 2014年培养博士和硕士研究生共计32余名。

项目支撑

- 目前各台站以通量观测为主要技术手段和数据支撑的在研项目50余项，包括科技部“973”项目、国家自然科学基金、中科院先导专项、西部之光和地方性项目等。
- 截止目前为止，2014年台站新增科研项目达20余项，其中以国家自然科学基金为主。

成果产出

- 初步统计，专项观测研究网络2014年共发表学术论文102篇，其中包括SCI论文79篇。
- 论文主要发表于PNAS、Global Change Biology、Scientific Reports、Soil Biology & Biochemistry、PLOS ONE和生态学报等国内外主流生态学、土壤学和地理学相关学术期刊。



观测系统运行与技术培训

观测系统运行

- 各专项观测网络成员站均建立专门通量设备维护与运行规范，制定专门人员负责设备的日常维护工作。
- 在中国生态系统研究网络水分分中心生态系统蒸散联网观测的支持下，鼎湖山、禹城、海北、西双版纳、哀牢山、阿克苏等多个台站完成了新增通量观测系统的安装与调试。

技术培训

- 2014年6月9-11日，“CERN水分监测仪器培训班”在北京举行，专项观测网络各台站的技术人员均参加了包括涡动相关的原理、安装、数据处理、仪器维护等方面的技术培训。
- 2014年9月22-25日，第九届ChinaFLUX通量观测培训课程暨2014AUD培训在北京中国科学院地理科学与资源研究所顺利举行。
- 包括国内部分通量观测台站人员在内的80余名学员参加了本次培训。

存在的主要问题

- 部分站点位置偏僻，维护难度较大。
- 电力供应难以有效保证，易发生断电等影响连续观测的情况。
- 自然环境恶劣，易造成仪器磨损及老化，降低仪器寿命，导致数据缺失。
- 系统出现故障后维修时间太长，由于设备费用较高，缺乏充足的观测运行经费，没有备份系统用于及时更换，易导致观测数据的长时间缺失。



版纳站和哀牢山站更新的地表蒸散观测设备



CERN水分监测仪器培训班



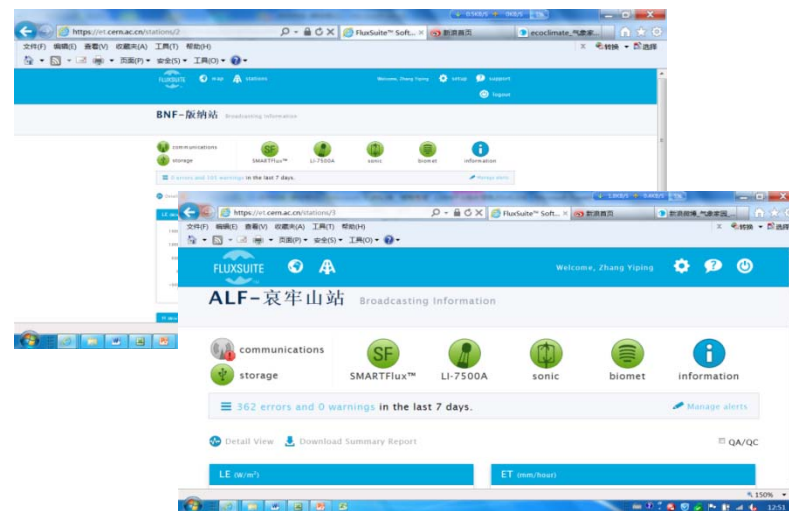
第九届ChinaFLUX通量观测理论与技术培训班

2.数据积累与服务

- 在专项观测研究的支持下，各台站的生态系统通量长期观测得到进一步加强，台站数据远程采集与管理能力得到显著提升，为持续获取各类观测数据奠定了坚实基础。
- 由于设备故障和气候等原因，各台站数据完整性存在差异，其中部分台站数据缺失严重，网络层次的总体数据质量评估正在进行之中。
- ChinaFLUX一直致力和推动观测数据的共享，以最大程度地发挥观测数据的科学价值。以2013年ChinaFLUX公开发布的8个站点通量观测数据为例，据统计，仅在2014年就提供离线服务89人次，为来自11个科研院所和20个高等院校提供了数据服务，总下载数据量达1.86GB。
- ChinaFLUX积极参与FLUXNET的第二轮全球通量数据库的建设，共享站点扩展到了10个，共享数据量进一步增加。
- 专项网络及其各成员台站已成为国内外多个科研单位、大学进行相关研究和数据共享利用的重要平台。



ChinaFLUX数据汇交与管理流程

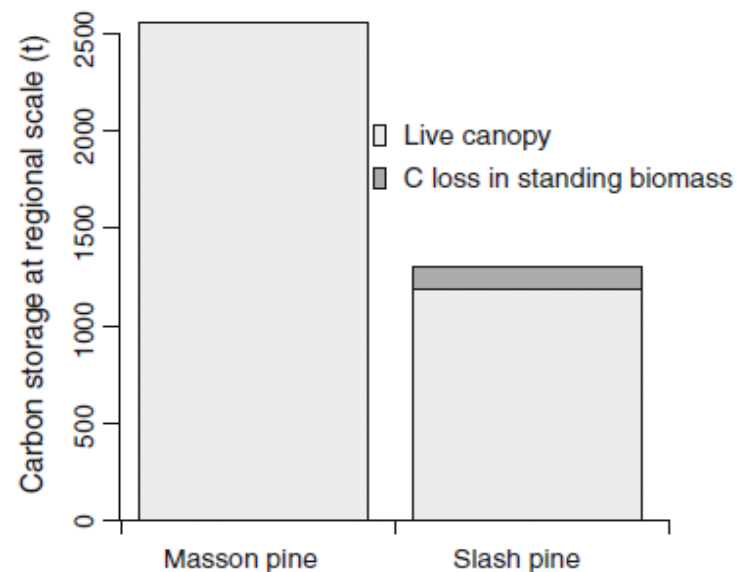


观测台站部署完成的SMARTFLUX数据远程采集与管理系统
(左上：西双版纳站；右下：哀牢山站)

3.主要研究进展

生态系统碳汇功能及其对冰冻灾害的响应

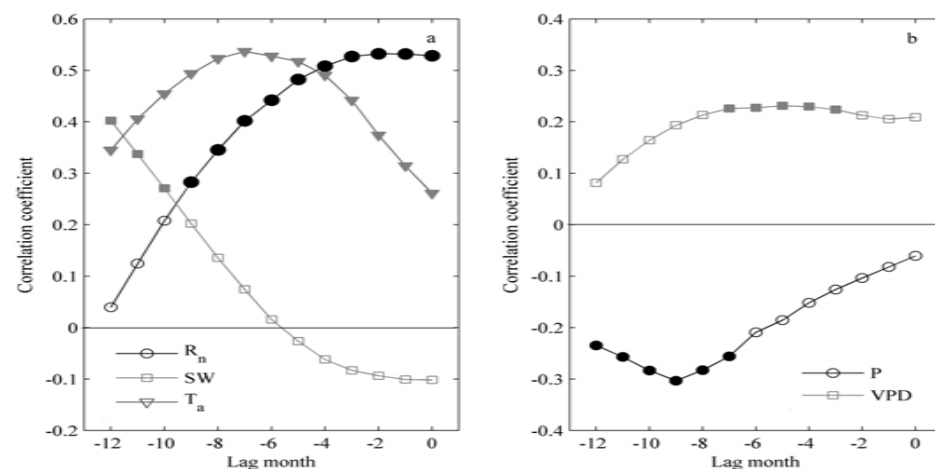
- 千烟洲站比较了外来湿地松和原生马尾松人工林植被和土壤的碳储量和碳积累速率，并探究了其对应冰冻灾害的响应。
- 结果表明，湿地松和马尾松林碳储量和碳积累没有显著差异。但在冰雪灾害中，湿地松林近7.5%的地上生物量损失，而马尾松人工林只有0.3%的损失。表明在生态系统恢复中使用乡土树种更为安全。



2008年冰冻灾害对千烟洲流域冠层碳储量和碳损失的影响

亚热带人工林生态系统碳-水通量之间的相互平衡关系

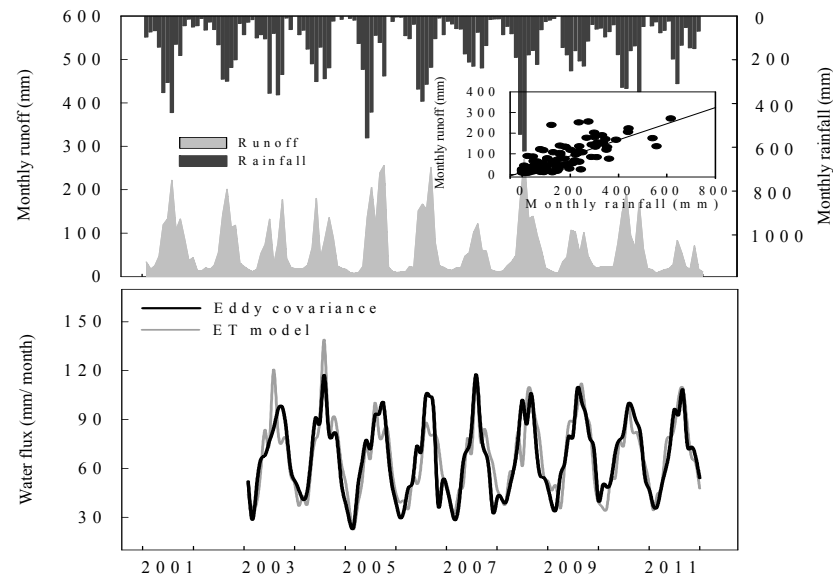
- 基于亚热带人工林近8年来生态系统蒸散通量的长期观测，分析了生态系统蒸散的变异特征及其主要控制因子。
- 研究发现，生态系统蒸散的季节变化模式与 R_n 、 T_a 、VPD等气象因子表现出了一定的一致性。
- 进一步的分析显示，蒸散变异的主要来源是生态系统响应，气象因子的影响和生态系统响应之间存在一定的负反馈作用。



ET 和气象因子 (R_n , T_a , P , SW and VPD)间的相关系数

鼎湖山亚热带森林生态系统蒸散及其组分的评价

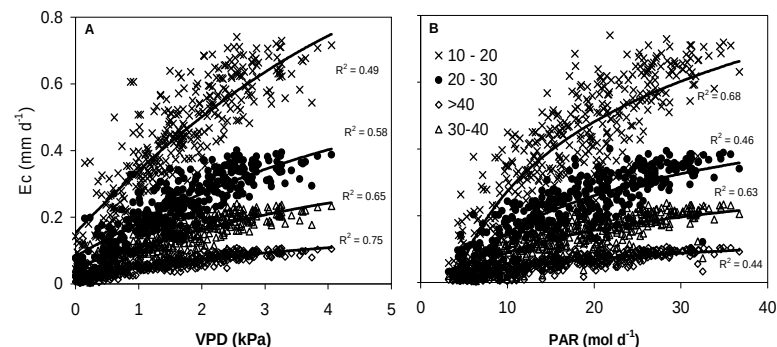
- 鼎湖山站基于上期监测数据并结合多种模拟研究方法对该区域植被的蒸腾与土壤的蒸发过程对环境因子的响应差异及控制机制进行了探讨。
- 2003-2011年，基于WBM、SPM以及EC三种方法估算年蒸散的结果分别为 809.9 ± 62.8 mm、 801.6 ± 46.9 mm以及 803.8 ± 36.6 mm，约为同期降雨量的50.2%。
- 日间树干液流与VPD关系最为显著，呈现对数形式增长，并在VPD > 1 kPa 时趋于稳定，夜间树干液流约为日总液流量的6%，且与气温、空气相对湿度以及饱和水汽压差没有显著性关系。
- 鼎湖山流域土壤蒸发量仅为同期蒸散量的8.1%。土壤蒸发在无雨日受气温及风速影响最为显著，从而表现出与植被蒸腾过程的本质不同。



集水区水量平衡、涡度相关及蒸散模型对水汽通量的估计结果比较

我国亚热带常绿林林分特征和水分利用研究进展

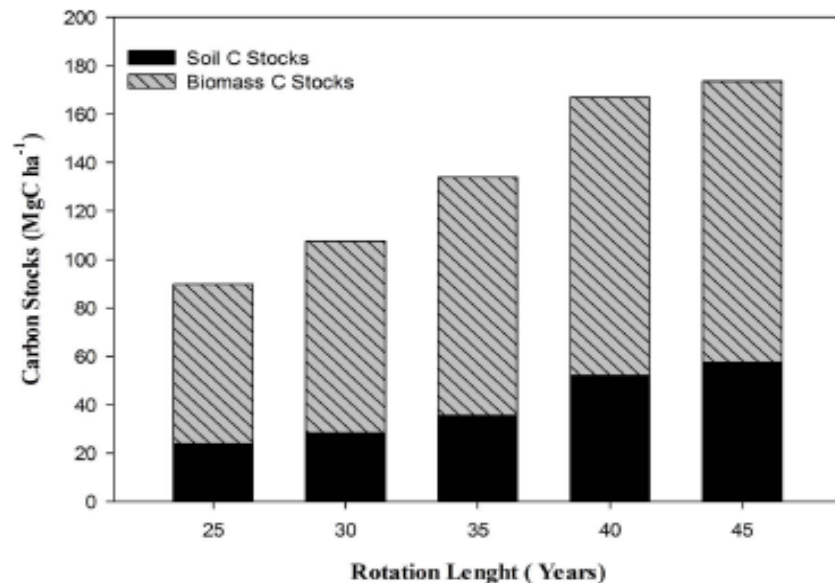
- 选择其中5个优势种不同径级大小的34棵样树，通过树干液流监测，对不同海拔微气候环境条件下的林木水分利用及蒸腾进行了研究。
- 林分密度随胸径的增长而降低，液流密度在 3.9 ± 0.6 到 16.4 ± 1.8 g cm² h⁻¹的范围内变动，不同个体之间差异显著，日平均最大林木水分利用在5-50kg范围内随胸径显著变动。
- 日蒸腾和树干液流密度的波动主要取决于有效光合辐射和水分亏缺状况。
- 林下层胸径<10cm的林木发挥着重要的水分利用作用，呈现出相对年轻林分的属性。



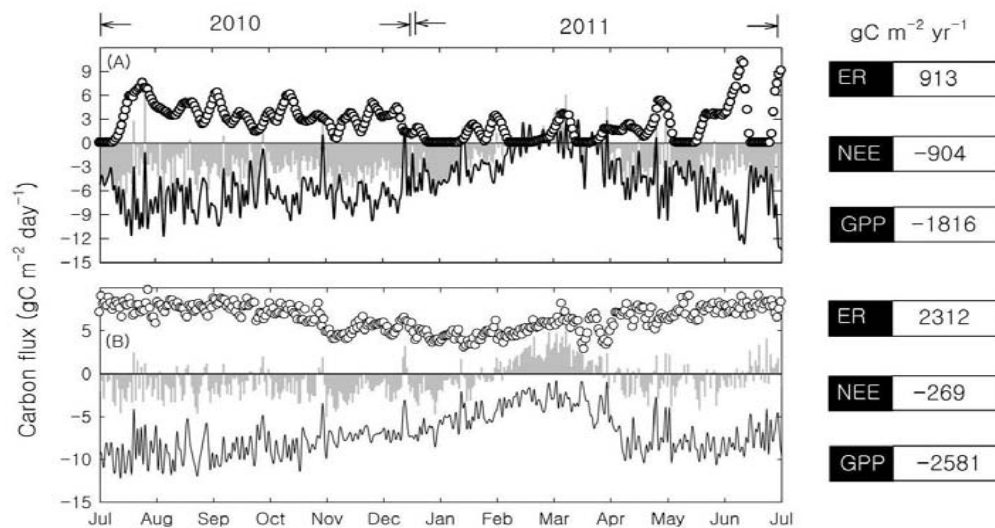
不同径级代表性林木冠层蒸腾与VPD变化的关系 (A)，与森林冠层上空有效光合辐射的关系

西双版纳人工橡胶林的碳汇效应

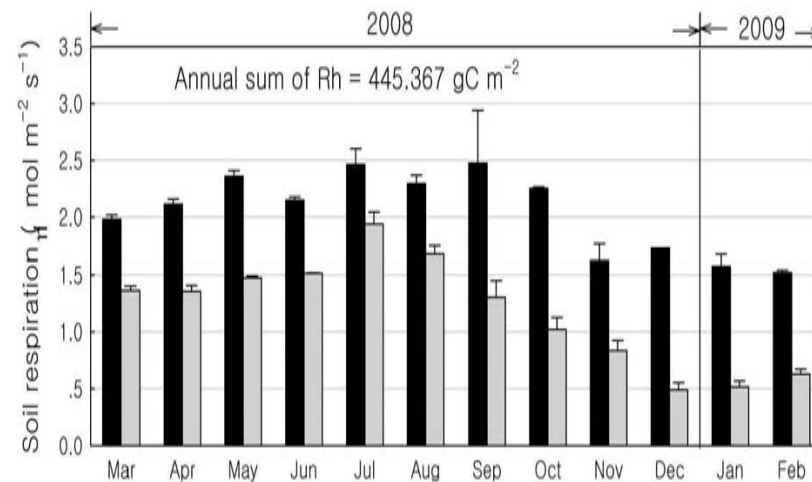
- 版纳站基于不同林龄橡胶林调查数据及相关文献资料，使用CO₂FIX模型对不同种植周期的橡胶林地上和地下碳储量及橡胶产量进行了模拟。
- 橡胶林生态系统的碳储量和橡胶产量均随种植周期的增加而增加，当种植周期为40年时，兼顾经济效益和生态效益其效益值达最佳。
- 基于生物调查方法和微气象法（涡度相关），橡胶林净生态系统生产力约为790 gC m⁻² yr⁻¹和904 gC m⁻² yr⁻¹。
- 两种方法的结果都显示橡胶林生态系统是一个碳汇，但如果考虑橡胶树整个生活史橡胶林生态系统能否认为是一个大的碳汇还需要进一步探讨。



不同林龄橡胶林地上、地下碳储量



西双版纳橡胶林碳季节变化



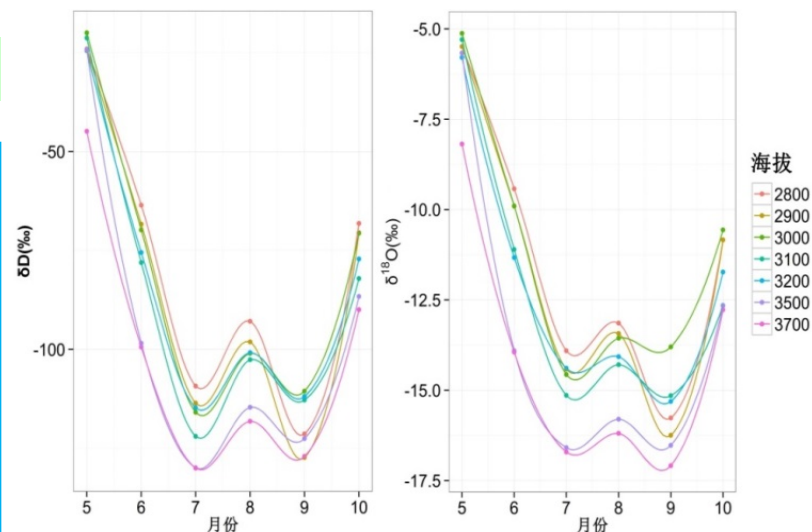
土壤呼吸变化特征

贡嘎山亚高山地区大气降水稳定同位素特征及水汽来源研究

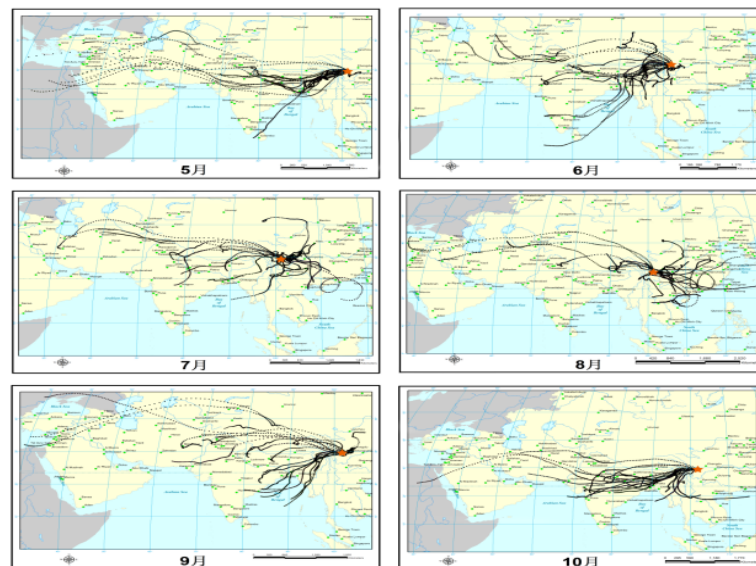
- 贡嘎山亚高山地区各个海拔梯度降水中的 δD 和 $\delta^{18}O$ 值均呈现显著的时间变化特征：雨季开始和结束时最高，而雨季中期的7、8、9月份较低；最大值均出现在5月份，最小值出现在7月份或9月份。
- 不同海拔梯度降水中的 δD 和 $\delta^{18}O$ 值在年季的变化趋势基本一致，春季较大、夏季雨期显著减小、秋冬季再度增大。
- 不同月份氢氧同位素均随海拔梯度升高而下降，但是各月下降趋势略有差别，即高程效应也存在季节分异规律。为更好地反映贡嘎山东坡亚高山地区大气降水 δD 和 $\delta^{18}O$ 与气候因子的共同作用关系，对氢氧同位素 δ 值分别与这些气候因子做逐步回归分析，结果表明温度、露点温度、相对湿度和水汽压之间的综合作用是影响研究区域降水同位素时空分异格局的因素。

贡嘎山亚高山地区水汽轨迹模拟

- 根据实测的逐日降水资料，利用NOAA开发的HYSPLIT模型的后向轨迹法（Backwards Trajectory）进行贡嘎山地区水汽轨迹的模拟。
- 5月份和10月份水汽主要来自印度次大陆和阿拉伯半岛；6月份水汽主要来自印度次大陆、孟加拉湾和横断山脉局地，7月份和8月份水汽来自于我国东部海洋和内陆地区及局地水汽来源；9月份和10月份水汽来源多为孟加拉湾、印度次大陆等远源。



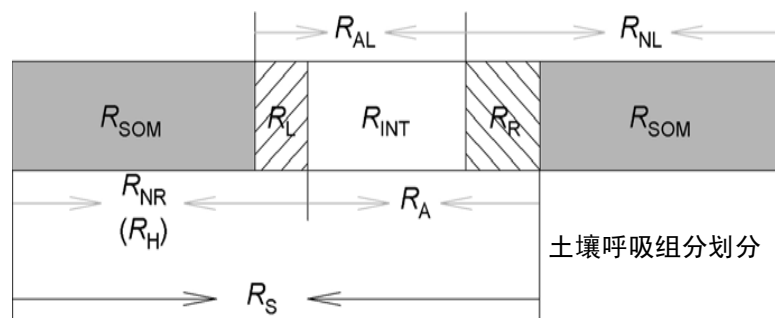
贡嘎山亚高山区大气降水 δD 、 $\delta^{18}O$ 月份变化趋势



贡嘎山亚高山区水汽后向轨迹图

哀牢山森林植物根际活动和凋落物分解的交互作用

- 哀牢山站通过分析对照、去凋落物、切根、切根并去凋落物四个处理下土壤CO₂通量数据发现常绿阔叶林根际活动和凋落物分解在土壤呼吸中有交互作用 (R_{INT})，约为土壤总呼吸的30%，并且交互作用受土壤湿度影响较大。
- 根际活动与凋落物分解在温度敏感性方面没有交互作用，但是根际活动对土壤呼吸温度敏感性影响显著，在一定程度上解释了温度-质量理论。
- R_{INT} 由两部分组成，一部分是根际活动对凋落物分解的促进作用，另一部分是两者共同存在对土壤有机碳 (SOC) 的激发作用，为进一步区分土壤呼吸指明了后续方法。



$$R_S = R_{SOM} + R_L + R_R + R_{INT}$$

$$R_{NL} = R_R + R_{SOM}$$

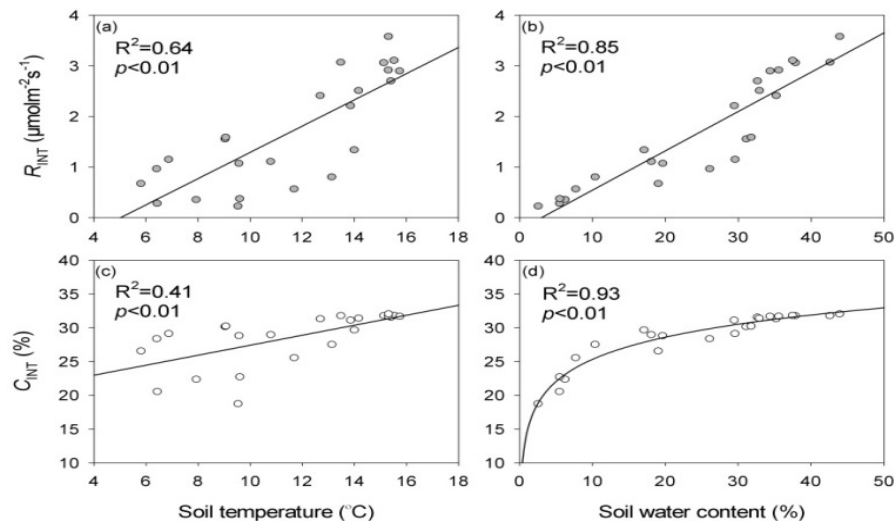
$$R_{NR} = R_L + R_{SOM}$$

$$R_A = R_R + R_{INT}$$

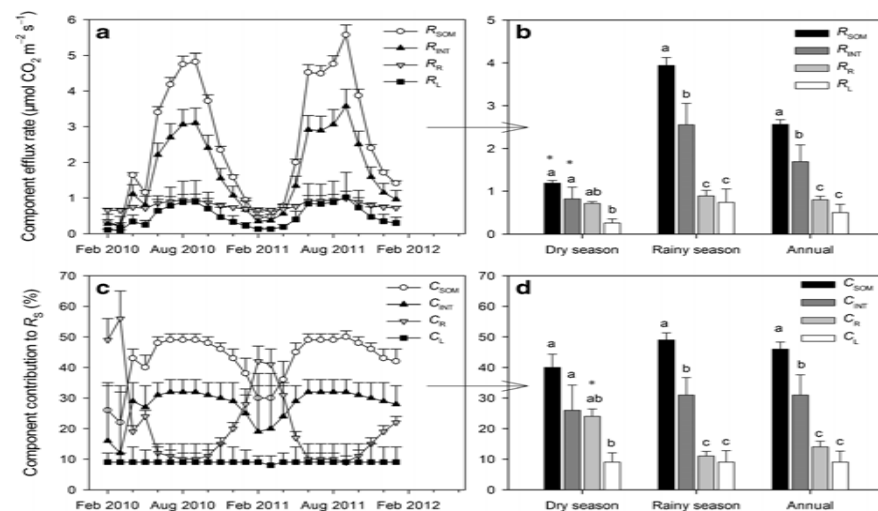
$$R_{AL} = R_L + R_{INT}$$

$$R_{INT} = (R_S + R_{SOM}) - (R_{NR} + R_{NL})$$

土壤呼吸组分划分



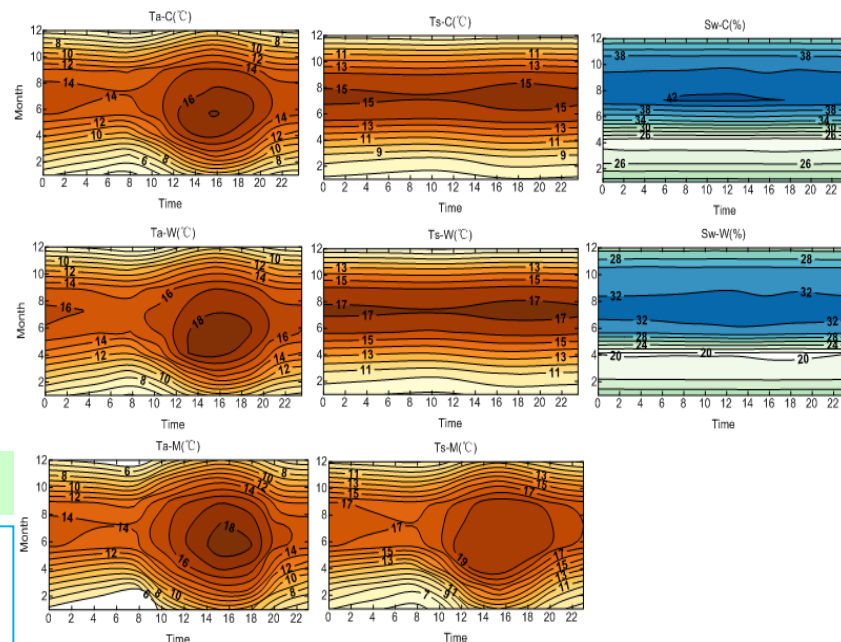
土壤温度和湿度对根际活动的影响



土壤呼吸组分及其贡献率

亚热带常绿阔叶林森林土壤温湿特征及其对温度升高的响应

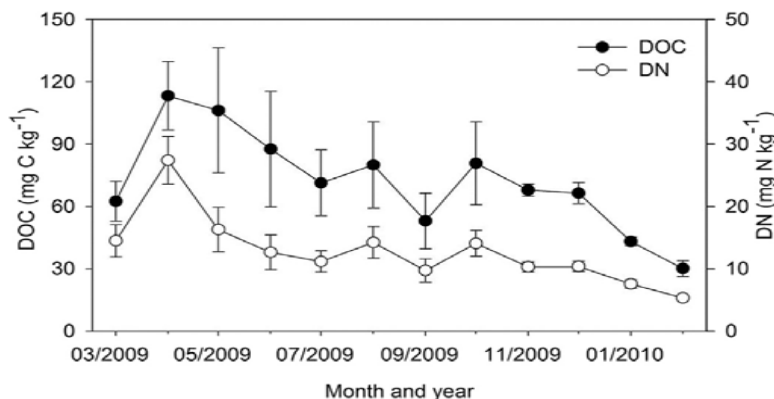
- 哀牢山站利用2011~2013年土壤增温的实测数据，研究发现近地层气温、土温、土壤湿度的年、日变化规律对环境温度升高的响应并不明显。
- 增温导致的升温效应和土壤水分降低效应具有一定的年变化，但日变化不明显。
- 对照样地和增温样地不同深度土壤温度的分析表明，随着深度的增加，增温效应呈现对数降低趋势；如果以 0.5°C 为增温效应的阈值，推算可得出：干季的影响深度为3.82m，雨季可达12.04m，年均值为6.58m。



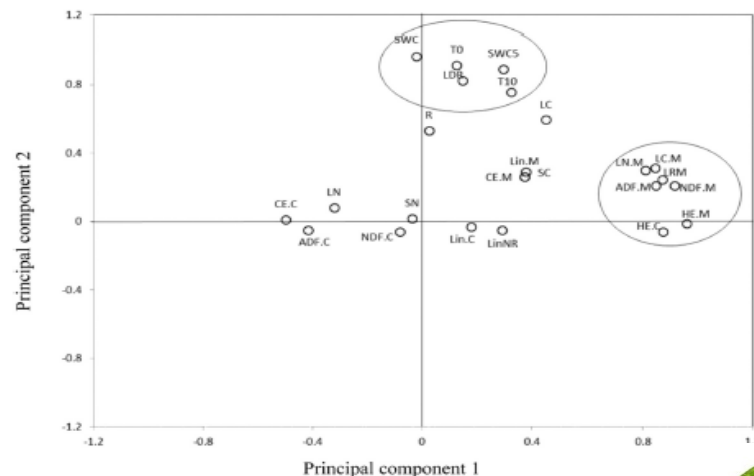
热带雨林凋落物分解对土壤溶解态有机碳、氮的影响

- 版纳站通过长期野外原位观测实验明确了自然条件下凋落物分解过程中土壤溶解性有机碳、氮的动态。
- 凋落物输入总量控制着表层土壤溶解性有机碳，而凋落物输入的半分解纤维素的量控制着溶解性有机氮。
- 热带雨林凋落物输入动态对土壤溶解态有机碳和氮的影响程度较气候、土壤等相关因子更强。明确了热带雨林凋落物分解对土壤溶解态有机碳和氮的作用及决定因子。

土壤DOC和DN的时间变化特征



土壤增温条件下近地层气温、土温、土壤湿度的年、日变化规律



土壤溶解性有机碳、氮主控因子分析

海北高寒灌丛草甸群落光合特征及固碳分配研究

- 海北站基于2003-2010年的调查数据研究表明，季节尺度上生态系统表观量子产额和暗呼吸由受温度驱动，饱和光合速率由叶面积指数驱动。昼夜温差显著抑制着白天的光合能力。
- 表观量子产额和暗呼吸的年际变异受土壤温度控制，而暗呼吸的年际变异主要由光和有效辐射决定。
- 对海北高寒金露梅灌丛槽点的生物量进行研究，表明金露梅灌丛草甸植被通过地表绿色植物发生光合作用所生产的净初级生产碳量主要以草本植物固碳为主，木本很低。
- 丛间草本植被总的净初级生产碳量（ 572.98 g/m^2 ）比海拔相对较低的矮嵩草草甸（ 554.98 g/m^2 ）高，



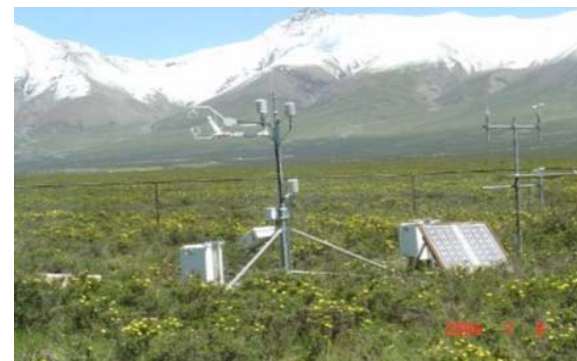
植被群落地上生物量监测



植被群落地下生物量测定

基于静态箱式法和生物量收获法评估海北金露梅灌丛草甸碳收支

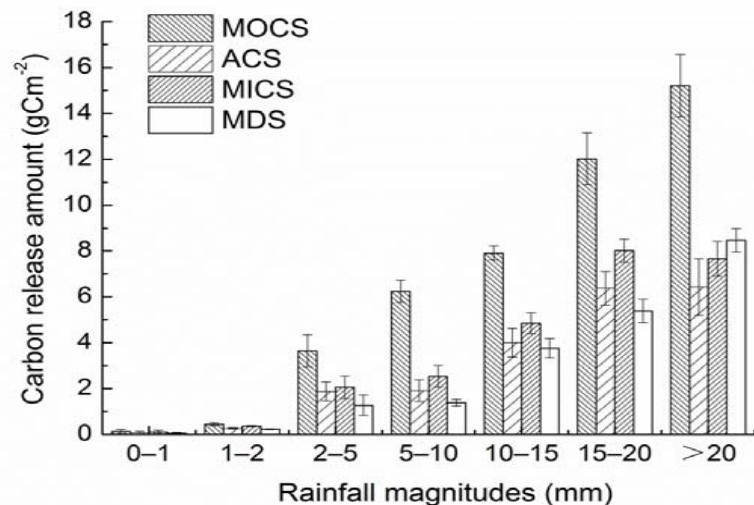
- 海北站基于静态箱式法和生物量收获法评估海北金露梅灌丛草甸碳收支，结果表明高寒金露梅灌丛草甸生态系统表现为碳汇。
- 8年（2003~2010）植被净初级生产力平均为 468.55 gC/m^2 ，年平均净固碳量为 27.19 gC/m^2 。灌丛区、草本区以及土壤区的呼吸均与5cm地温具有极显著的指数关系（ R^2 分别为0.94、0.95和0.82），各区温度敏感系数 Q_{10} 分别为4.13、4.40和3.16。
- 高寒金露梅灌丛草甸生态系统呼吸、土壤呼吸和植物呼吸年总量分别为 886.28 gC/m^2 、 444.93 gC/m^2 和 441.36 gC/m^2 。



海北高寒金露梅观测草甸通量观测

温性荒漠中生物土壤结皮碳释放对不同降水事件的响应

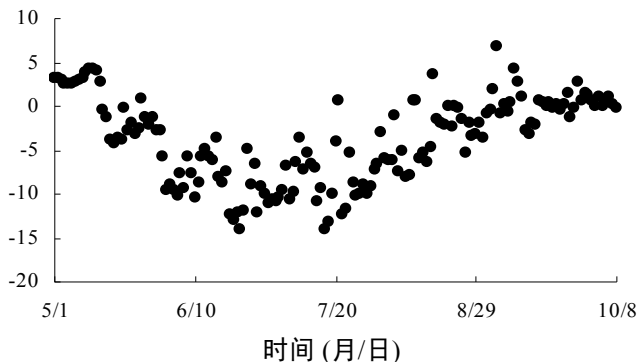
- 沙坡头站对该区不同结皮覆盖的土壤碳释放特性进行研究, 发现当降水量在0 - 45 mm 间变化时, 藓类结皮覆盖的土壤碳释放量为 0.13 ± 0.09 - $15.2 \pm 1.35 \text{ g.Cm}^{-2}$, 藻类结皮覆盖的土壤为 0.08 ± 0.06 - $6.43 \pm 1.23 \text{ g.Cm}^{-2}$, 混生结皮覆盖的土壤为 0.11 ± 0.08 - 8.01 ± 0.51 , 流沙为 0.06 ± 0.04 - $8.47 \pm 0.51 \text{ g.Cm}^{-2}$ 。
- 在大降水事件条件下 (44.9 mm), 藓类结皮的碳释放量显著高于藻类结皮、混生结皮和流沙的碳释放量, 碳释放量分别为 0.95 ± 0.02 , 0.30 ± 0.03 , 0.13 ± 0.04 和 $0.51 \pm 0.02 \mu \text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。
- 降水格局的改变显著影响不同土壤覆盖类型对碳释放的贡献量。



不同类型生物土壤结皮覆盖土壤碳释放量随降水后时间变化特征

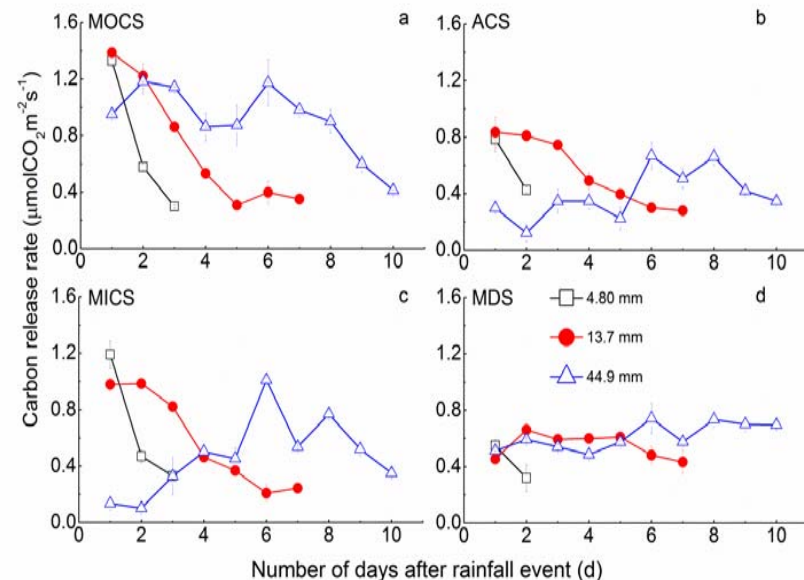
三江平原沼泽湿地地--气间碳通量规律研究

- 根据中温带典型沼泽湿地与大气间含碳气体交换的多年连续观测结果, 揭示了三江平原典型沼泽湿地的生态系统的净碳累积特征及其关键影响因素。
- 2014年生长季沼泽生态系统 CO_2 净交换量 (NEE) 日累积值波动范围-14.07~6.76 $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (负值代表从大气中净吸收, 正值代表净排放)。



- 沼泽湿地生态系统在生长季初期和9月中下旬表现为以呼吸为主, 最大净吸收值和净排放值分别出现于6月底和9月。月累积NEE季节变化明显。
- 潜育沼泽湿地在生长季内总体表现为较强的大气碳汇。

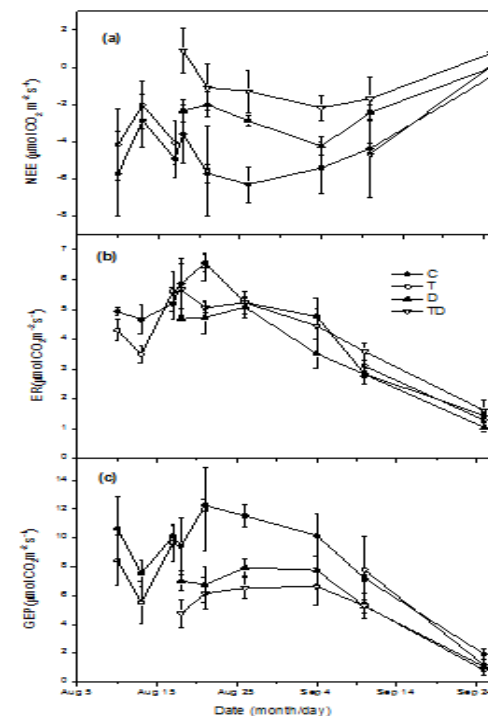
生长季沼泽湿地生态系统 CO_2 净交换(NEE)季节变化



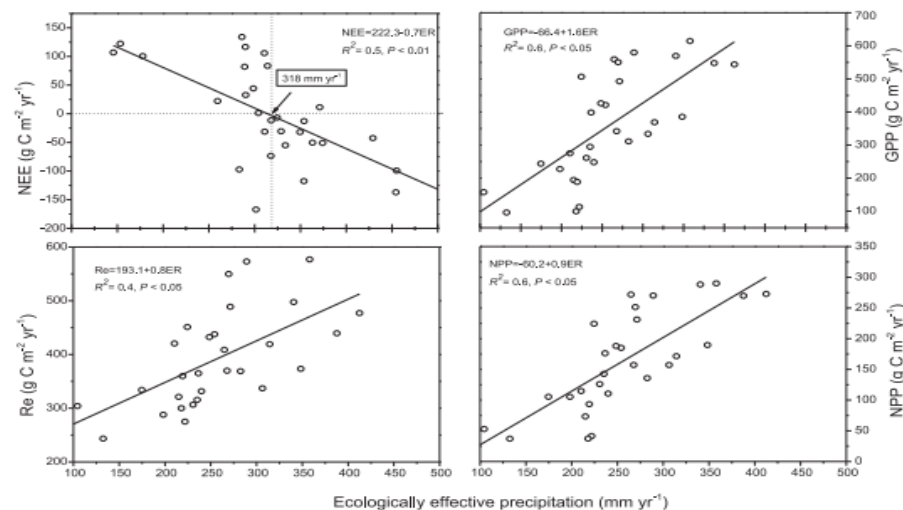
不同降水等级对不同生物土壤结皮覆盖土壤碳释放量的贡献

极端气候和降雨特征对内蒙古典型草原CO₂通量的影响

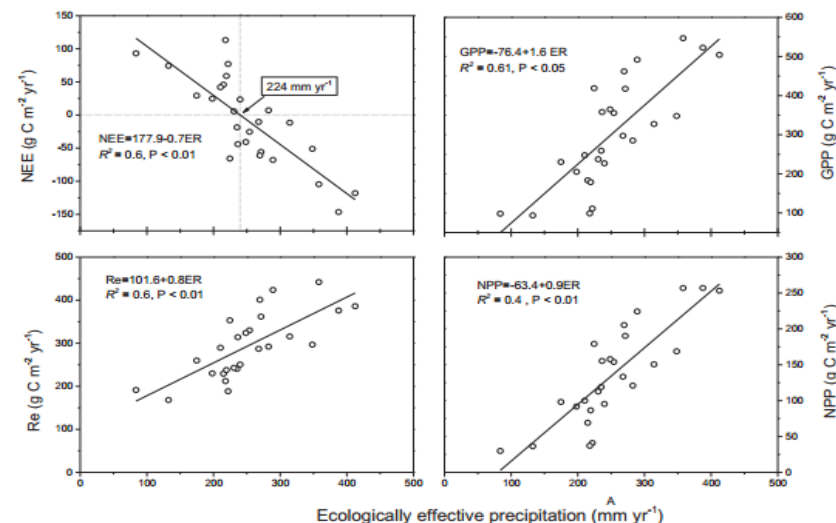
- 内蒙古典型草原在观测期间碳吸收状态表现出明显的季节变动，生长季中期吸收量最大，后期减少。
- 短期的极端高温对内蒙古典型草原NEE、ER和GEP没有显著影响 ($P > 0.1$)，但是极端干旱显著降低了NEE和GEP ($P < 0.05$)，极端干旱和极端高温交互处理更大程度的减少对内蒙古典型草原碳吸收。
- 极端干旱减少了内蒙古典型草原的生态系统呼吸，但是影响不显著 ($P > 0.1$)。
- 利用DNDC模型并通过设置12个降雨变化情景来研究降雨变化对生态生态系统碳通量的影响，研究结果表明，降雨频率和降雨量的变化都导致了NEE、Re和GPP的降低，生态系统有效降雨而不是总降雨量控制着生态系统的碳交换。
- 在围封样地，当有效降雨超过318 mm yr⁻¹，放牧样地超过224 mm yr⁻¹，生态系统表现为碳汇的功能。



极端干旱和极端高温对内蒙古典型草原NEE、ER和GEP时间动态的影响



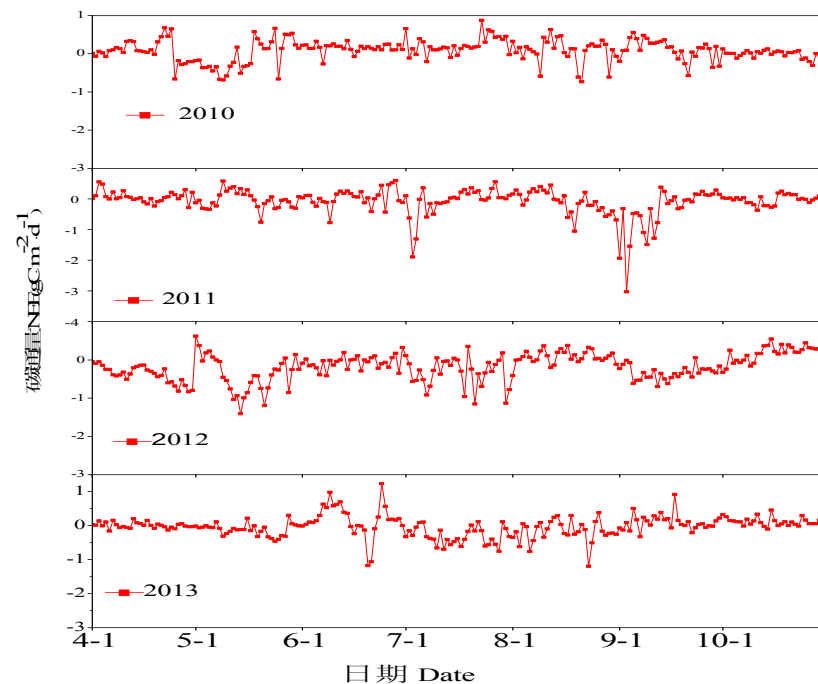
围封样地有效降雨量和CO₂通量 (NEE, Re和GPP) 的关系



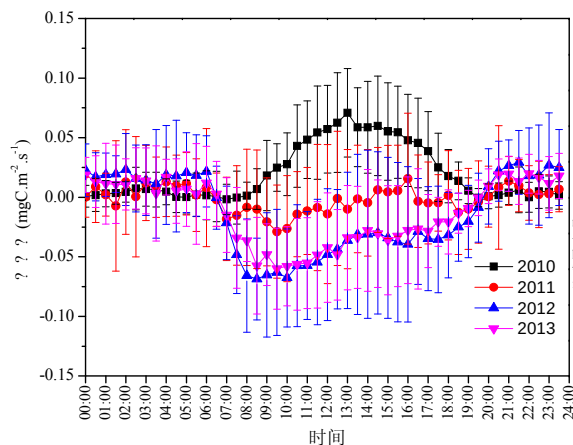
放牧样地有效降雨量和CO₂通量 (NEE, Re和GPP) 的关系

腾格里荒漠红砂-珍珠群落的碳通量变化特征

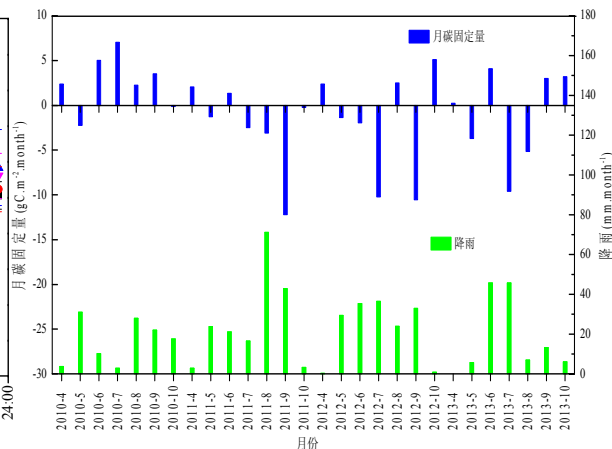
- 沙坡头站基于2010-2013年腾格里荒漠红砂-珍珠群落碳通量实测数据进行分析。
- 年际变化特征：2010年植物生长季，70%的天数表现为碳源，其释放量为 $17 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ；2011、2012、2013年50%的天数则表现为碳汇，碳固定量分别为15、38、6.5 $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ 。
- 季节变化特征：月固碳量随着月降水量出现较大的波动，无显著规律。对月固碳量与环境因子进行相关分析，发现碳通量与环境因子之间的关系顺序为降雨>5cm土壤含水量>光合有效辐射>100cm土壤含水量>空气温度>土壤温度>净辐射。
- 日变化特征：2010-2013年7月碳通量的日平均值分别为0.02、-0.015、0.014、-0.013、0.003 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，2010年的日变化表现为白天释放型，2012和2013年为白天吸收型，2011日变化为交替型。



2010-2013年植物生长季节碳通量季节、年际变化特征



2010-2013年7月的碳通量日变化特征



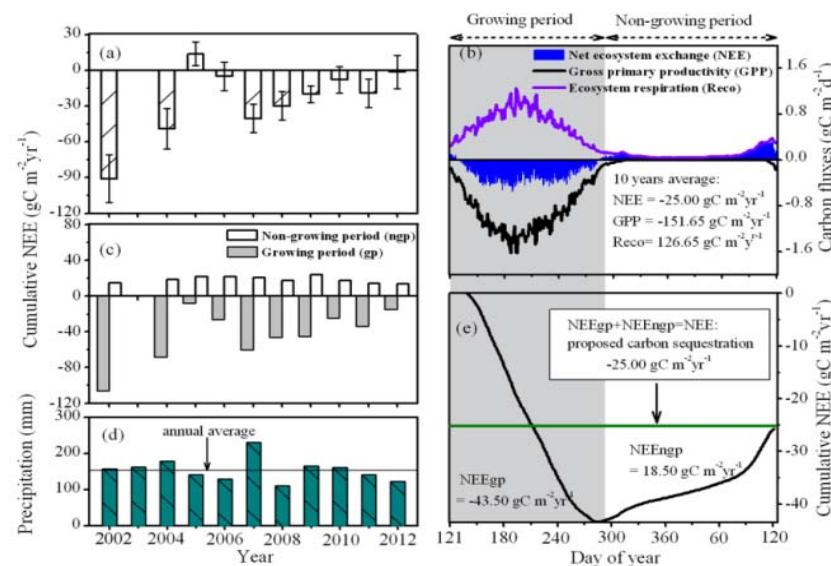
月固碳量及月降水量的变化特征



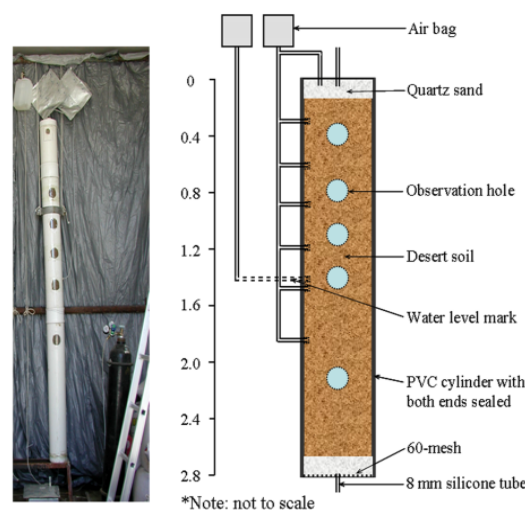
荒漠红砂-珍珠群落

盐碱土固定CO₂的碳汇机制—可溶性无机碳的被动淋洗

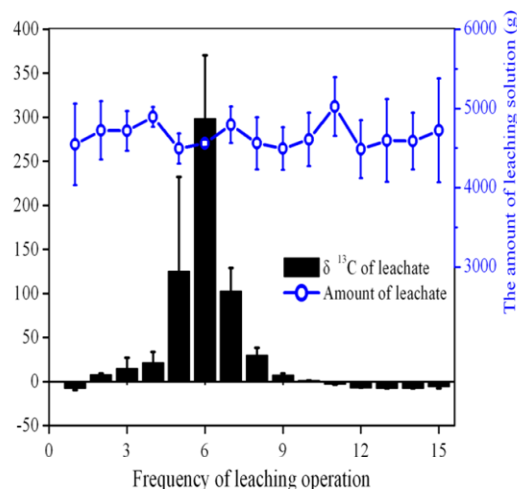
- 阜康站基于10年的涡度相关数据（2002-2012年）确认盐碱土是一个重要的大气CO₂的碳汇（图1），平均碳汇强度为 $-25.00 \pm 12.70 \text{ g C m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ 。
- 对土壤、植物碳库储量的重复调查（1989和2009年）发现，这部分固定的碳并没有储藏在土壤碳库或是植物碳库中，而土壤含盐量在垂直剖面中随深度增加逐渐减小，说明了地下水和土壤间存在频繁的物质交换，地下水的波动可能是引起深层土壤盐分淋洗的重要原因。
- 通过土柱实验模拟地下水的波动，证实了随着地下水的自然波动碳以可溶性无机碳（Dissolved inorganic carbon, DIC）的形式被动的淋洗到地下水中。尽管这种被动淋洗固定的CO₂量相比于生态系统释放的CO₂量十分小，但是本研究证实了一种新的碳汇过程，而该过程可能广泛的存在于各种生态系统类型中。



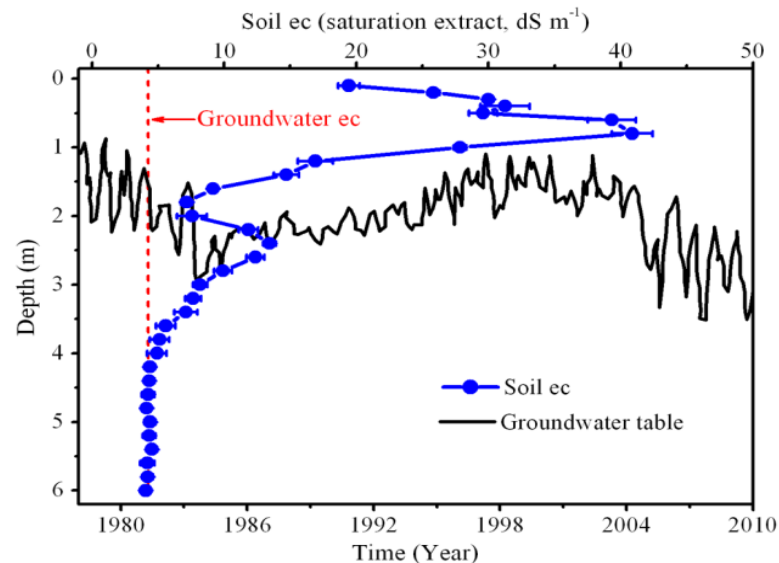
盐碱土生态系统碳交换及其累积过程



土柱实验装置



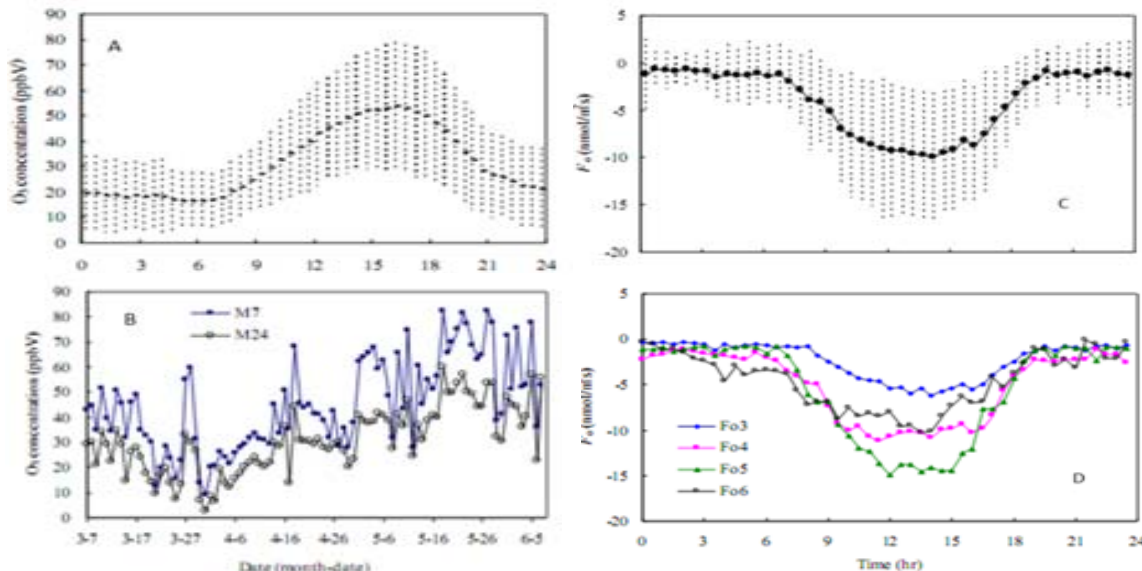
碳随地下水的淋洗过程



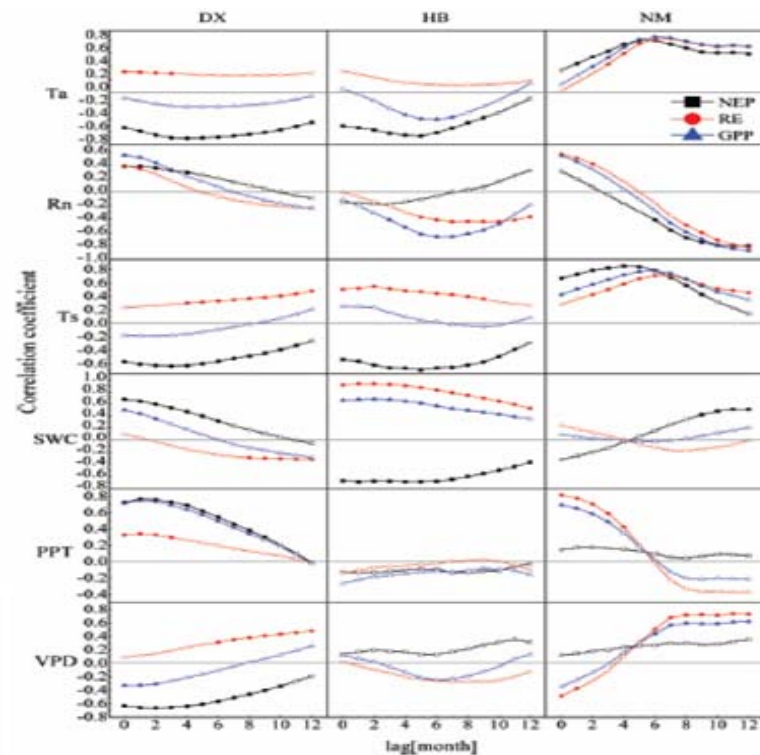
土壤含盐量随土壤深度变化趋势

气候因子对当雄草地生态系统碳通量影响的滞后效应

- 当雄站对中国3个典型草地生态系统（当雄、内蒙古、海北）近6年的碳通量交换特征和气候因子的相关性进行了分析。土壤湿度和降水分别是控制海北、当雄高寒草地生态系统碳交换年际变异的主要环境因子，而内蒙草地则受环境因子的综合影响。
- 滞后效应分析结果表明：温度对3类草地CO₂的交换影响存在几个月甚至半年的滞后效应，而湿度的滞后效应在高寒草地（当雄、海北）则不明显，生态系统的碳交换对土壤湿度表现为及时的响应。
- 该研究结果表明草地生态系统对气候波动的响应会有几个月甚至1年滞后响应，这将有利于生态系统保持稳定性以及应对极端的气候事件。



冬小麦农田臭氧(O₃)浓度日变化(A)和季节变化(B)、通量生长季平均日变化(C)和
月平均日变化(D)



气候因子与C通量相关系数

华北平原农田生态系统臭氧通量观测研究

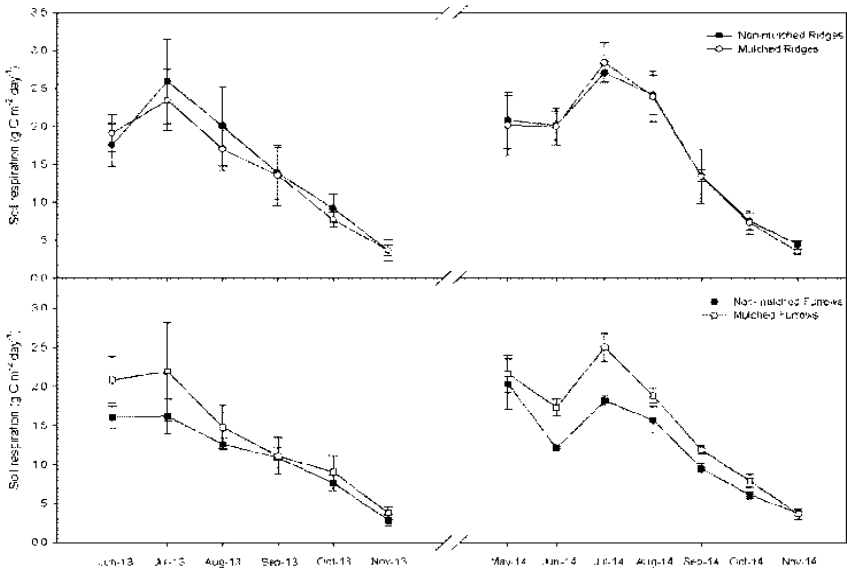
- 禹城站利用涡度相关通量观测系统及增加臭氧分析仪，首次对华北平原典型冬小麦农田生态系统臭氧通量进行了观测研究。
- 掌握了冬小麦主要生育时期内臭氧浓度和通量的日变化和季节变化特征，并初步分析其变化机理。

干旱区绿洲棉田土壤CO₂通量排放特征

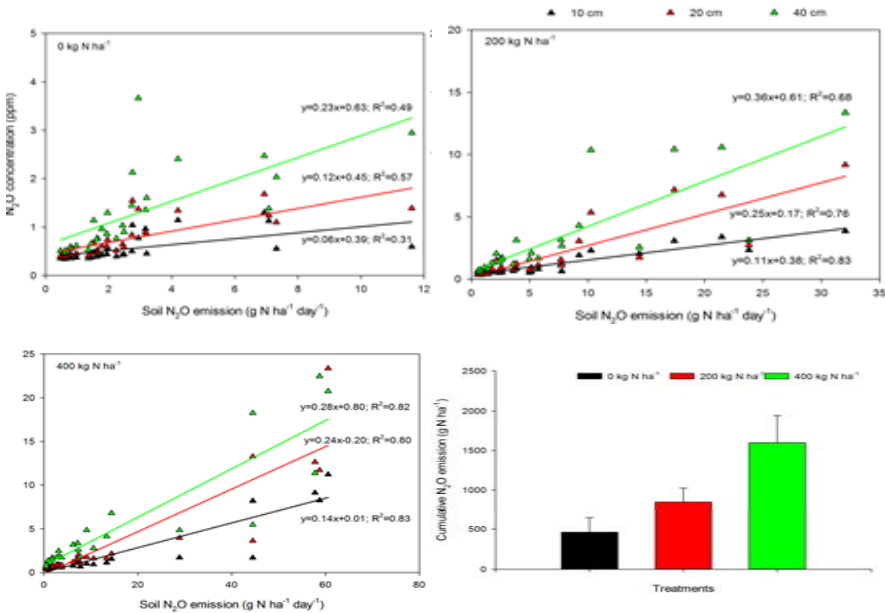
- 阿克苏站基于2014年田间观测数据阐明了覆膜影响了土壤CO₂通量对土壤温湿度变化的响应存在差异。
- 覆膜棉田相对于非覆膜棉田的棉间土壤CO₂通量显著增加。
- 覆膜增加了棉田土壤CO₂通量温度敏感性：覆膜增加了棉下和棉间土壤CO₂通量的温度敏感性因子(Q₁₀)，即随着温度的增加会促进覆膜棉田排放CO₂。

干旱区绿洲棉田土壤N₂O排放通量及浓度分布特征

- 阿克苏站通过小区实验计算了膜下滴灌棉田N₂O排放系数。结果表明，200 kg N ha⁻¹和400 kg N ha⁻¹处理下N₂O排放系数分别为0.194 %和0.187 %。
- 从土壤剖面的N₂O分布特征上看，不同施肥处理下土壤剖面N₂O浓度随深度增加而增加，0、200和400kg N ha⁻¹施肥处理下10、20和40cm深度内N₂O浓度分别为0.57、0.78和1.27 ppm，1.17、1.90和3.09 ppm，2.06、3.34和4.82 ppm。
- 相关分析表明，不同施肥处理下的N₂O排放通量和土壤剖面不同深度N₂O浓度均为线性相关。



覆膜和非覆膜处理下棉下和棉间土壤CO₂排放通量的变化特征

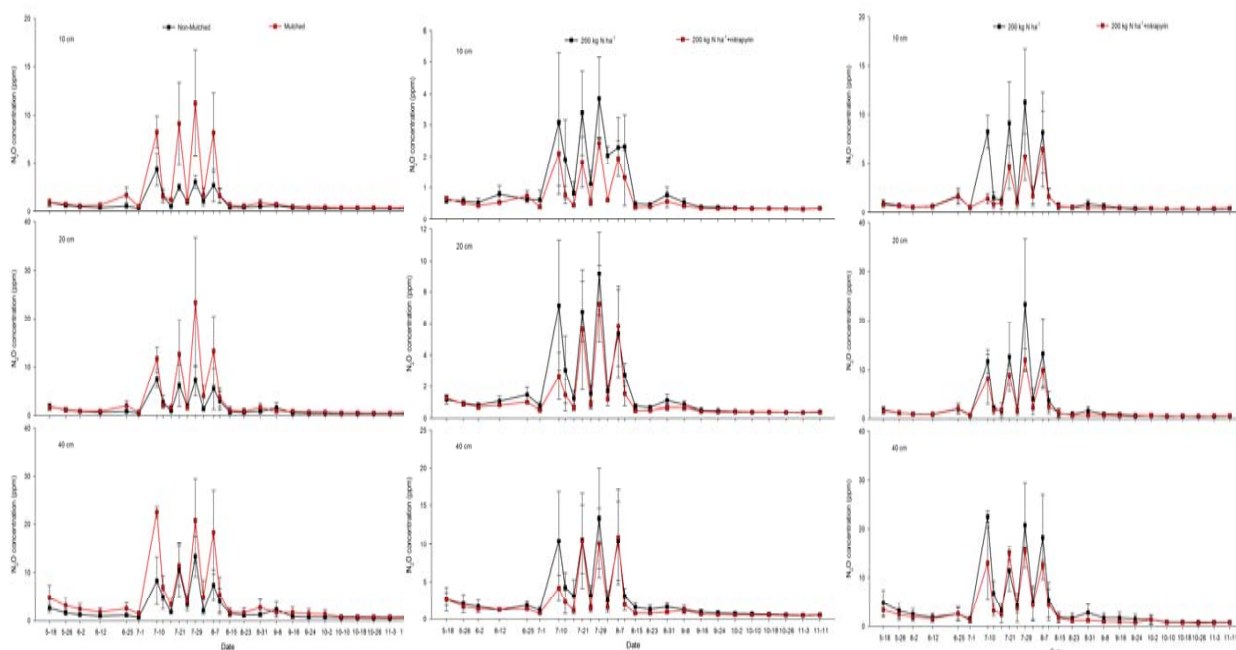


不同施肥处理下的N₂O浓度与排放量相关性分析及N₂O累积排放量

位置	处理	Models	Q ₁₀	R ₁₀ (g C m ⁻² day ⁻¹)	R ²
棉下	非覆膜	R=0.251e ^{0.097T}	2.65	0.67	0.89
	覆膜	R=0.185e ^{0.117T}	3.06	0.57	0.93
棉间	非覆膜	R=0.240e ^{0.083T}	2.30	0.53	0.76
	覆膜	R=0.238e ^{0.095T}	2.59	0.61	0.91

不同处理对绿洲棉田土壤N₂O排放通量的影响

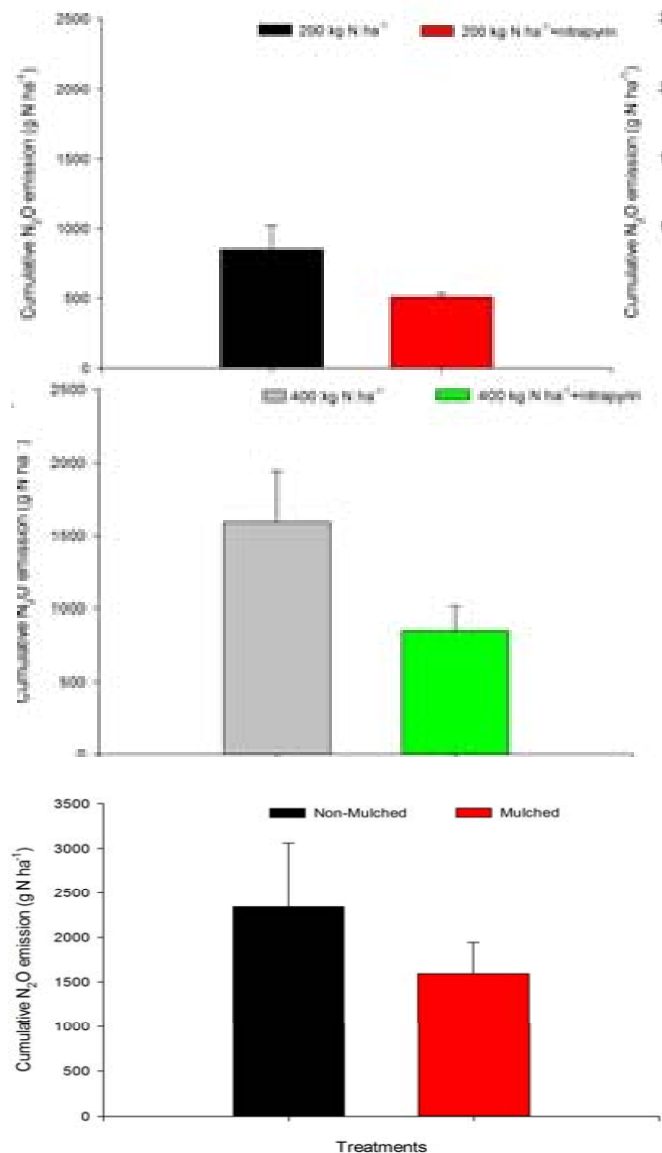
- 通过对400 kg N ha⁻¹施肥下的棉田进行覆膜和非覆膜处理, 结果表明N₂O排放总量分别为2.34±0.72和1.60±0.35 kg N ha⁻¹, 覆膜使得土壤N₂O排放量减少了31.6%。
- 对非覆膜和覆膜处理下10、20、40cm深土壤N₂O浓度进行测定, 结果表明覆膜使得10、20和40cm深度土壤N₂O浓度分别增加了103.9%、84.5%和72.1%。
- 通过对200、400kg N ha⁻¹施肥处理下的棉田施加硝化抑制剂, 探究其对棉田土壤N₂O的影响, 结果表明添加硝化抑制剂的200、400 kg N ha⁻¹施肥处理下的棉田N₂O排放分别减少了39.9%和46.6%。
- 200、400 kg N ha⁻¹施肥处理下添加硝化抑制剂的棉田土壤10、20和40cm深度N₂O浓度分别降低了33.1%、27.1%和26.1%, 36.4%、28.9%和23.8%。



覆膜和非覆膜处理下土壤N₂O浓度时间变化特征

200 kg N ha⁻¹施肥处理下添加硝化抑制剂对土壤N₂O的影响

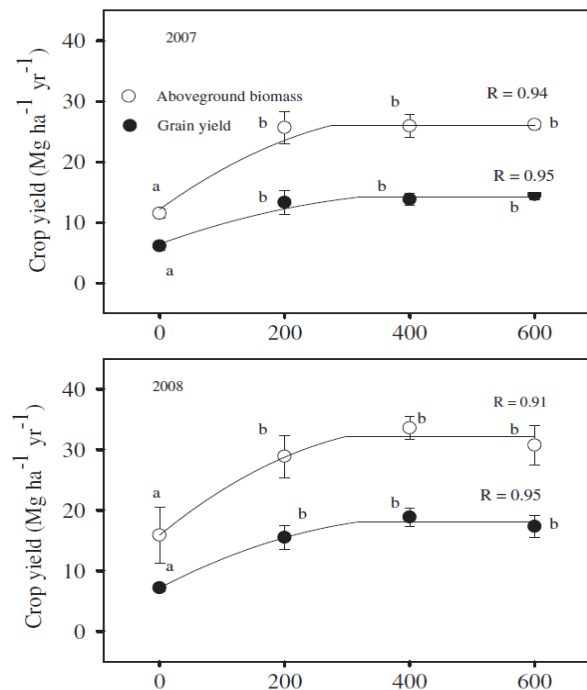
400 kg N ha⁻¹施肥处理下添加硝化抑制剂对土壤N₂O浓度的影响



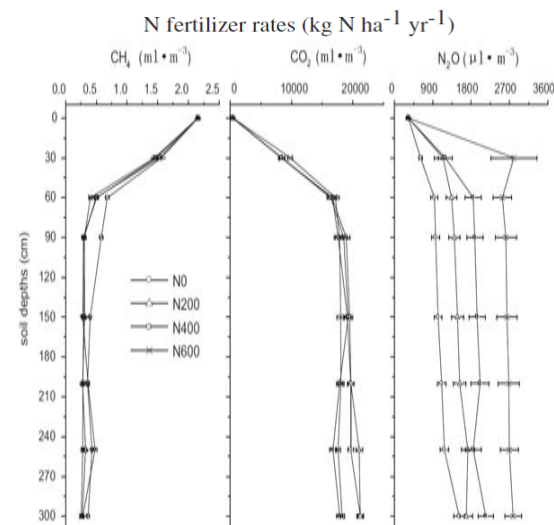
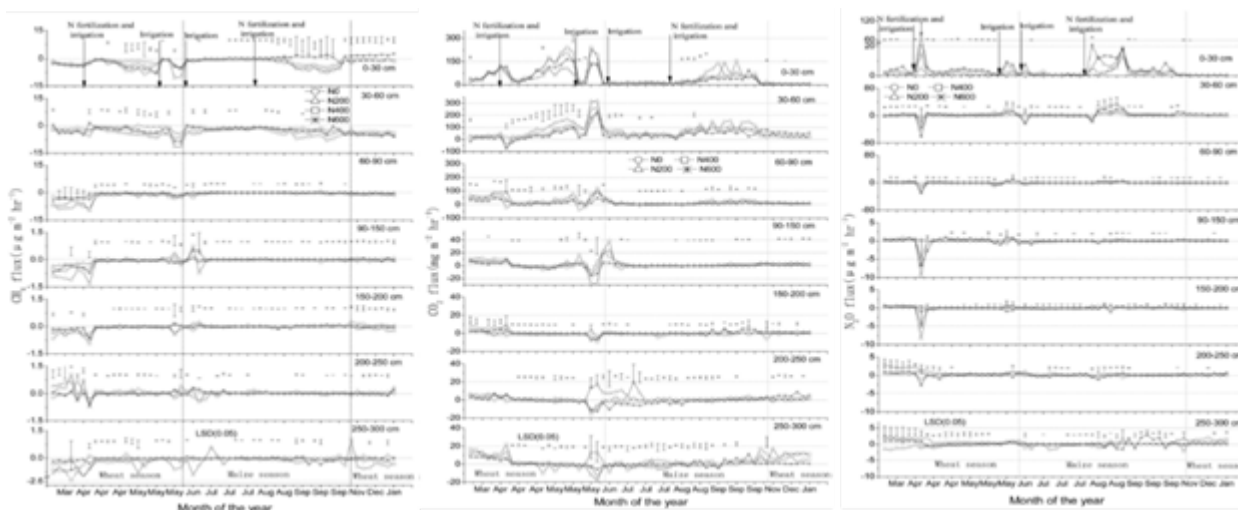
硝化抑制剂处理及覆膜和非覆膜处理对累积排放量的影响

施氮对华北农田土壤N₂O排放的影响

- 栾城站通过静态箱—气相色谱法对不同氮肥施入水平下，冬小麦-夏玉米轮作农田生态系统土壤—大气界面N₂O排放进行观测。
- N₂O排放与N肥施入量呈正线性相关关系；产量比例的N₂O排放与N肥施入量呈立方关系。
- 研究结果表明施氮对土壤剖面CO₂、CH₄产生无显著影响，但显著增加土壤剖面各层N₂O浓度。
- 利用Fick定律计算了4个氮肥施入水平下，冬小麦—夏玉米轮作农田生态系统土壤剖面7个层次CH₄、CO₂和N₂O的扩散速率。氮肥施入显著增加0-90cm土层N₂O通量，但对CO₂和CH₄无显著影响。
- 0-60cm土层是大气CH₄吸收汇，和CO₂与N₂O排放源，超过90%的CH₄、CO₂和N₂O年累计排放量来自90cm以上土层，大于90cm土层既非温室气体源也非汇，主要表现为储藏层功能。



作物产量与氮肥施入量的关系



土壤剖面中CH₄、CO₂和N₂O扩散速率的季节变化趋势

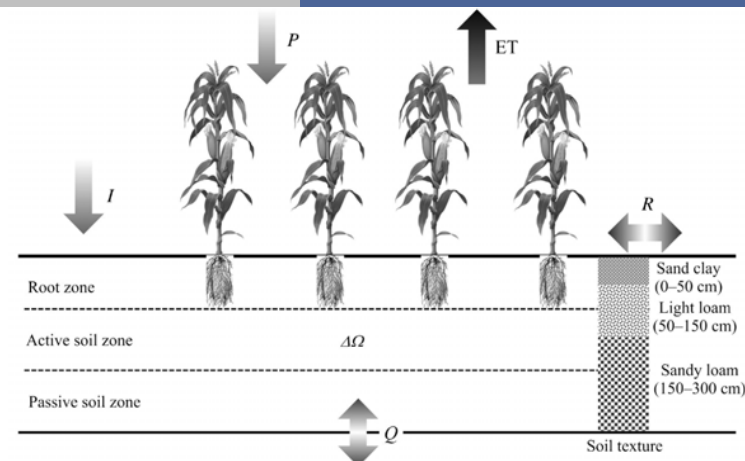
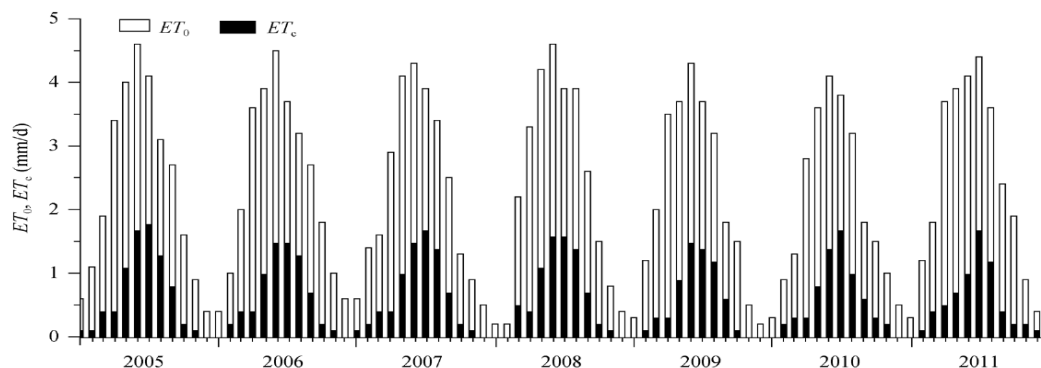
土壤剖面中CH₄、CO₂和N₂O的浓度变化

绿洲灌溉农田生态系统蒸散及组分变化

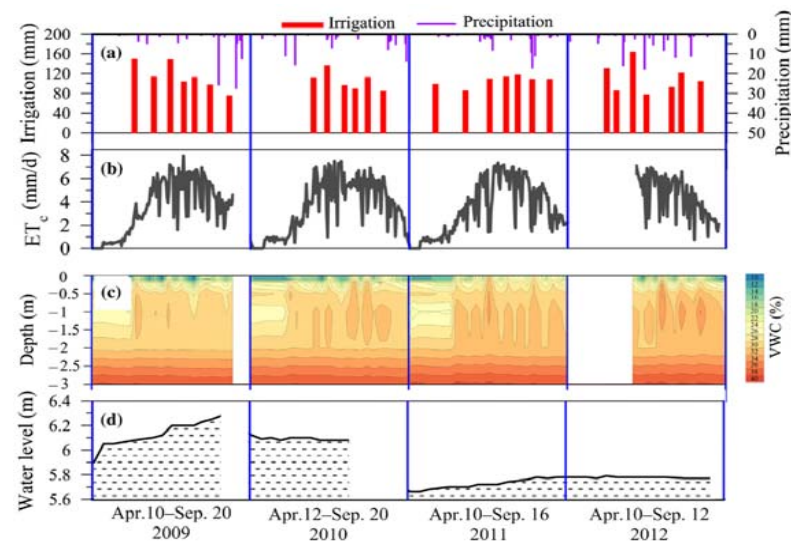
- 临泽站利用FAO-56作物系数法和Penman-Monteith模型对绿洲农田植物蒸腾和土壤蒸发过程进行模拟，并与涡动相关和小型lysimeter观测值进行对比分析。
- 结果表明：S-W双源蒸散模型较好地估算了田间蒸散发量，并能较好将田间蒸散发通量区分为植物蒸腾和土壤蒸发两部分。
- 全生育期玉米共耗水640 mm，其中作物蒸腾量累计467 mm，土壤蒸发量累计173 mm，分别占总量的73%和27%。
- 日时间尺度上，作物蒸腾和土壤蒸发分别在0~6.3和0~4.3 mm/d，平均2.9和1.0 mm/d；
- 作物不同生育阶段作物蒸腾（T）与土壤蒸发（E）的相对比例关系主要受作物生长过程的影响，播种—出苗期、出苗—拔节期、拔节—抽雄期、抽雄—灌浆期、灌浆—成熟期，T/E分别约为0.04、0.8、7.0、5.2和1.4。

荒漠-绿洲交错带多年蒸散发过程估算

- 基于FAO56 作物系数法和Penman-Monteith方法分别对临泽荒漠-绿洲2005~2011年参考作物蒸散发量（ ET_0 ）和实际蒸散发量（ E_c ）进行估算。结果表明： ET_0 和 E_c 年均分别为840 mm和221 mm；日均分别为2.3和0.6 mm/d



绿洲农田水量平衡计算分区图

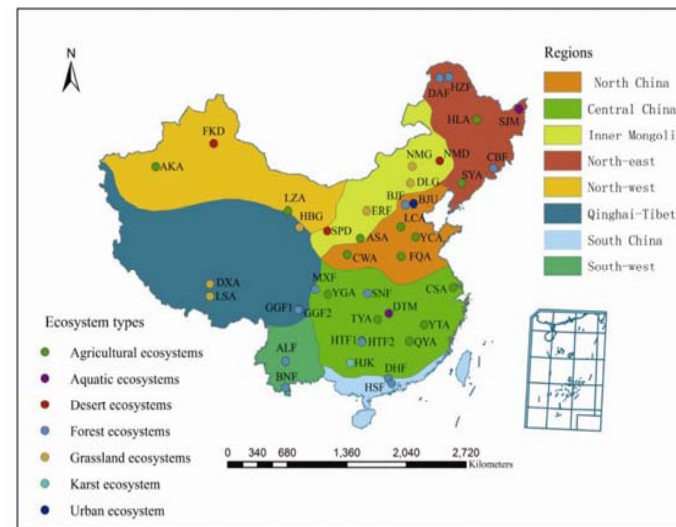
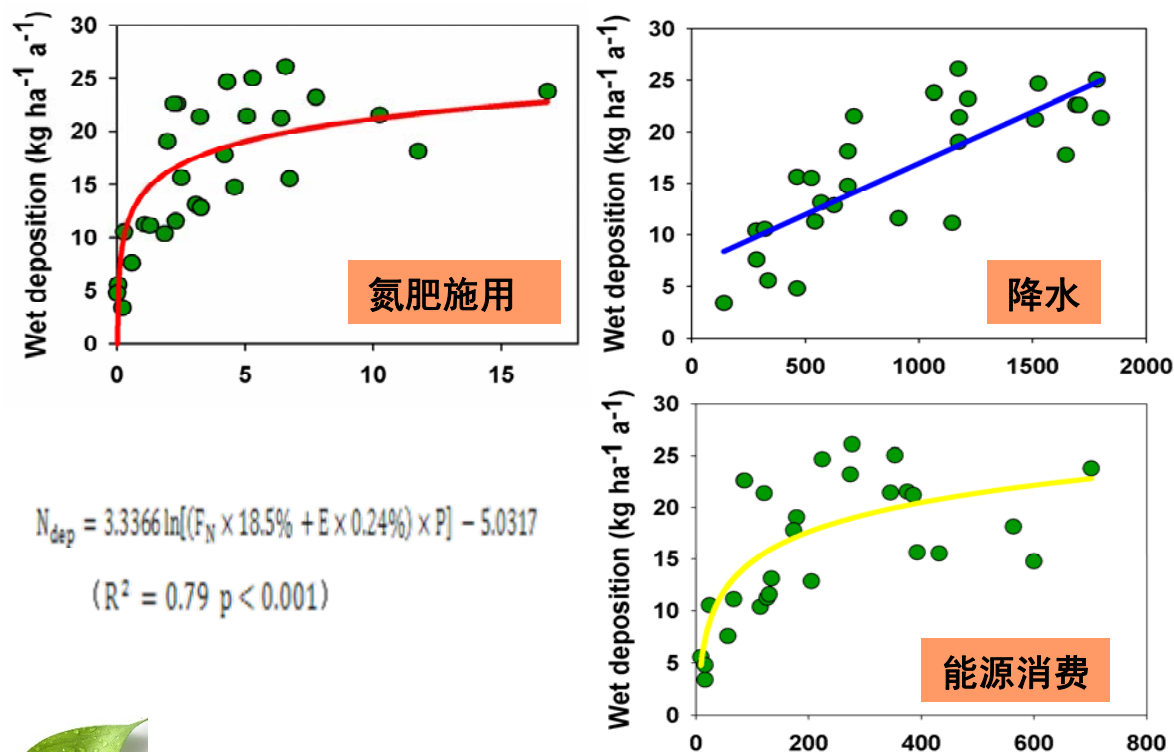


上图：绿洲农田多年水量平衡结果

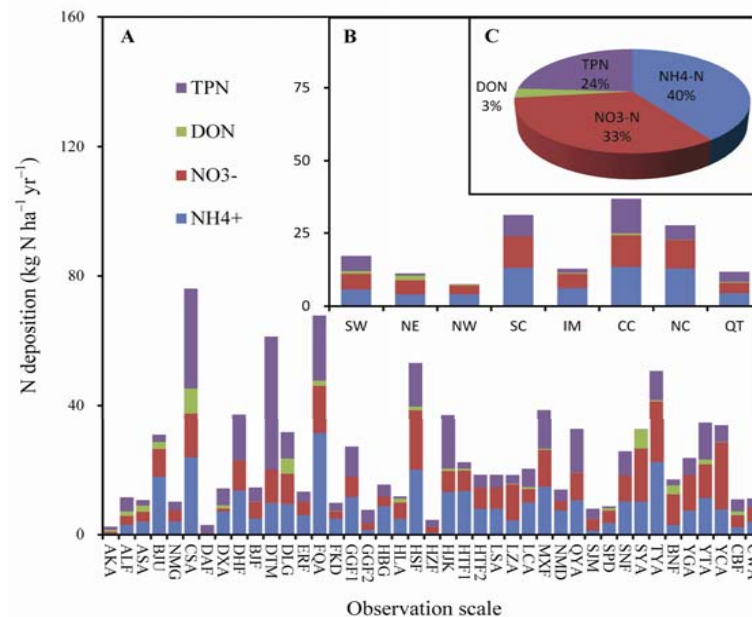
左图：荒漠-绿洲交错带多年参考作物蒸散发量和实际蒸散发量

中国区域大气(湿)氮沉降组分、动态及其控制因素

- 基于CERN台站建立了氮沉降联网观测平台，采用同一方法进行连续观测。
- 通过对文献资料中305个站点的整合分析，对中国不同区域大气氮湿沉降组分的研究显示铵态氮占40%、硝态氮占33%、颗粒态氮占24%、溶解性有机氮占3%。8个不同区域的大气氮素湿沉降通量中 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 的值在0.82~1.35之间，中国地区 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 的平均值约为1.22。
- 对氮湿沉降空间格局变异控制因素的分析显示，氮肥施用、能源消费和降水均对湿沉降有显著影响。



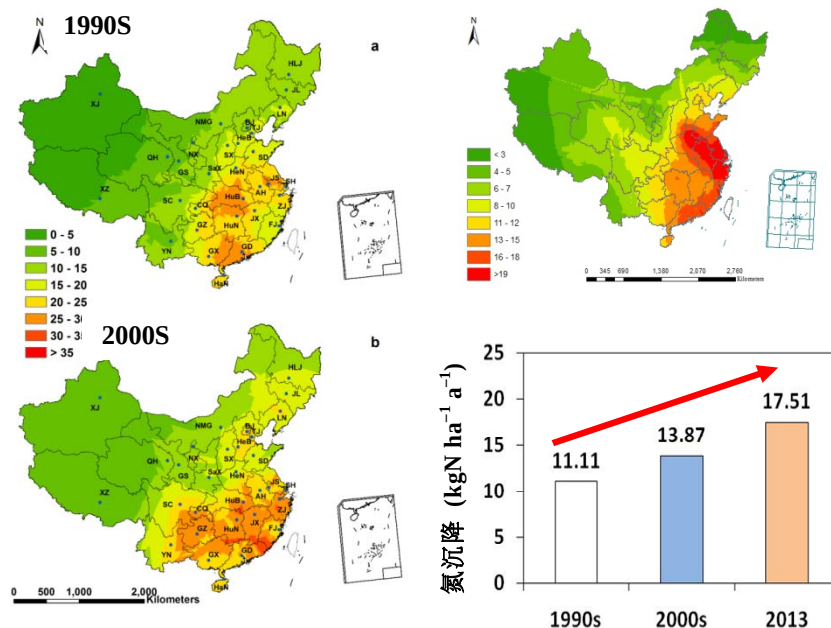
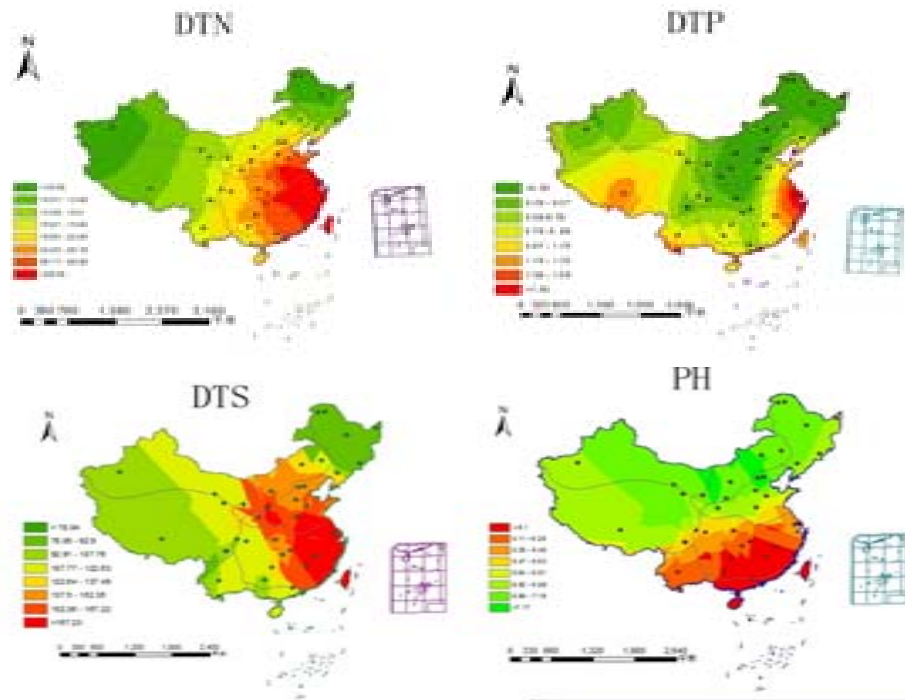
氮沉降联网观测平台分布



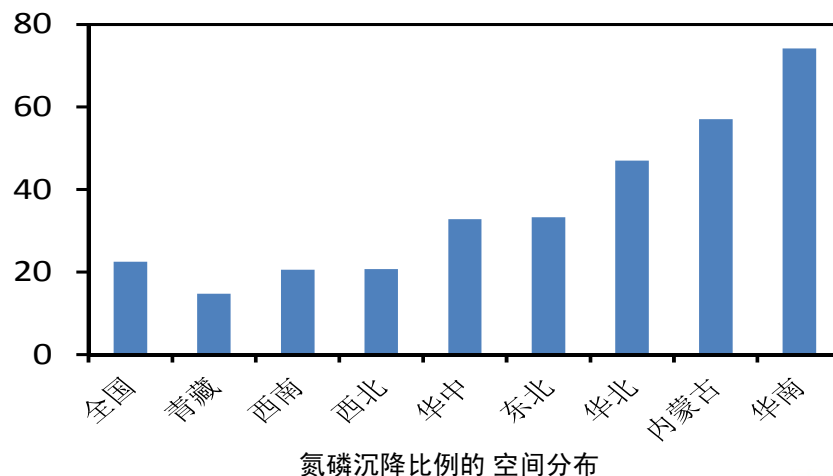
中国不同区域大气氮湿沉降组分

中国大气氮湿沉降的时空格局

- 我国大气氮湿沉降呈逐年增加趋势，2013年大气氮素湿沉降中溶解性总氮(DTN)、非溶解态总氮(PTN)、总氮(TN)分别为17.6、9.5、27.1 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (全国平均)。
- 数据收集结果表明中国无机氮湿沉降由1990s的11.11上升到2013年的17.51 kg ha⁻¹ a⁻¹，增加了近57% (全国平均)，中国区域氮沉降增加剧烈。
- 中国区域大气湿沉降中溶解性总氮(DTN)、溶解性总磷(DTP)、溶解性总硫(以硫酸根记, DTS) 沉降通量约为17.56 kg N ha⁻¹ a⁻¹、0.78 kg P ha⁻¹ a⁻¹、114.71 kg ha⁻¹ a⁻¹。
- 全国大气沉降的氮磷比平均约为22.5，氮磷比在华南地区达到了最大的77.4，在青藏区为最小的14.72。



大气氮沉降时空变化

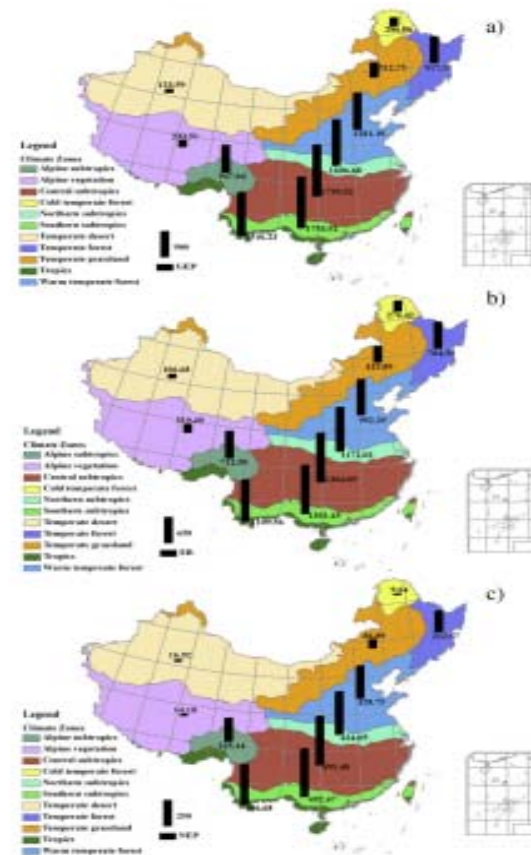
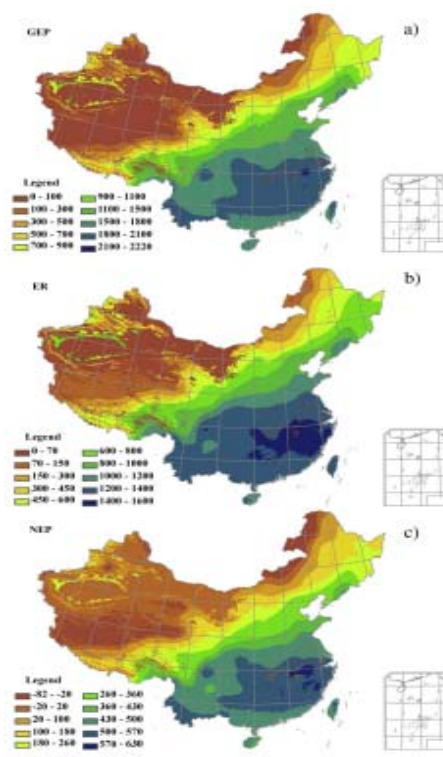
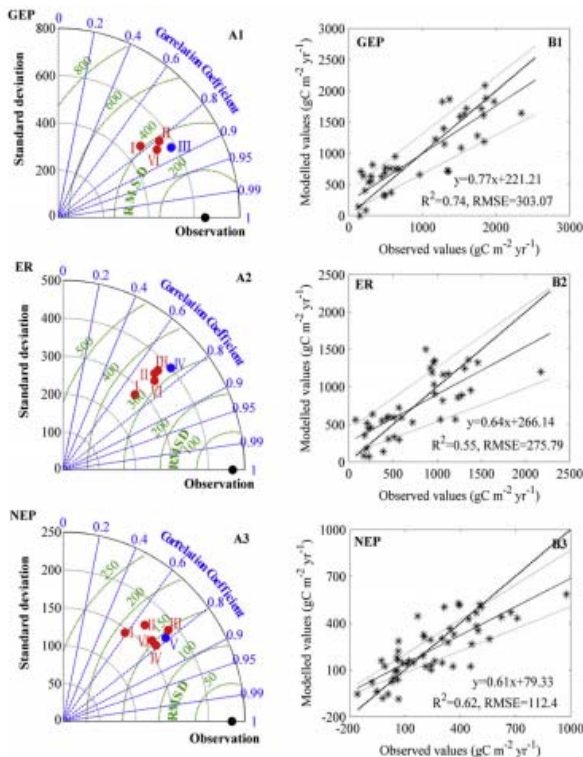


氮磷沉降比例的空间分布

左图：大气N、P、S沉降空间分布

中国陆地生态系统碳通量的估算

- 基于全国GEP、ER、NEP数据的整合分析，构建了地理统计评估方案，对中国碳通量进行了量化及空间分布研究。
- 研究表明，2001-2010年GEP、ER、和NEP分别为 7.51 ± 0.51 , 5.82 ± 0.16 和 1.91 ± 0.15 PgC yr^{-1} ，占全球年碳通量的4.29%–6.80%，5.65%–6.06%和9.10%–12.73%。
- 在空间上，GEP、ER、NEP均表现为由东南向西北呈阶梯状递减，估算最大值出现于亚热带中部和南部亚热带。



2001-2010年中国GEP、ER、NEP的分布特征

不同评估方案下的中国GEP、RE和NEP估算

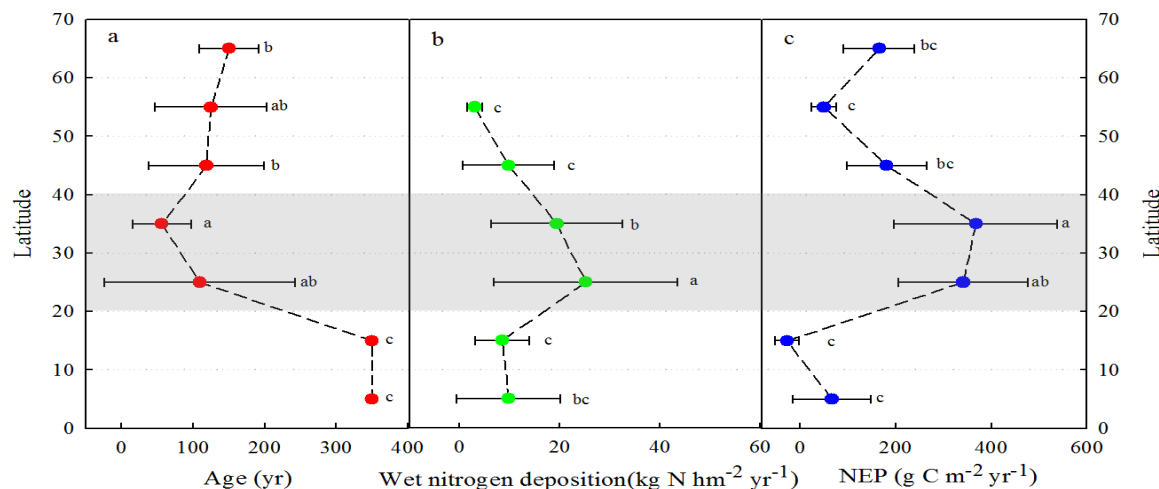
Fluxes	Assessment schemes ^b						Mean (std)
	I	II	III	IV	V	VI	
GEP ^a	6.79	7.95	7.78	–	–	7.51	7.51 ± 0.51
ER	5.75	6.05	5.65	5.89	–	5.75	5.82 ± 0.16
NEP	1.79	2.15	1.71	1.99	1.89	1.91	1.91 ± 0.15

2001-2010年中国GEP、ER、NEP空间分布特征

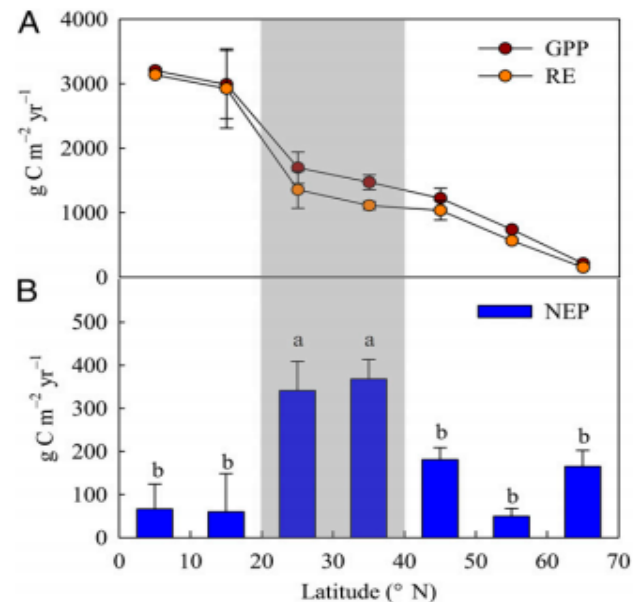
不同评估方案中碳通量差异 (A1-A3) 及最优方案模拟效果(B1-B3)

东亚季风区森林生态系统碳汇功能

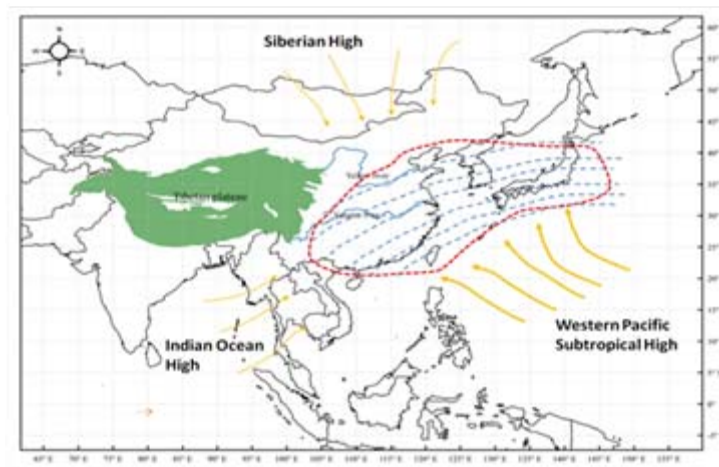
- 通过对全球通量观测结果的整合分析，研究指出20°N-40°N间的东亚季风区亚热带森林生态系统平均NEP为 $362 \pm 39 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ，高于热带和温带区森林生态系统以及处于相同纬度的欧洲和北美。
- 结合模型分析发现，东亚季风区亚热带森林生态系统NEP总量约为 $0.72 \pm 0.08 \text{ Pg C yr}^{-1}$ ，占全球森林生态系统NEP的8%，亚热带森林生态系统对当前全球碳循环的贡献不可忽视。
- 进一步的分析表明，林龄、高氮沉降以及降雨和热量可利用性的增加可能是该区出现较高NEP的主要原因。
- 研究成果发表于美国科学院院刊（PNAS）2014, 111(13): 4910-4915



“亚洲东部亚热带森林碳汇功能区”的发现与形成机制分析



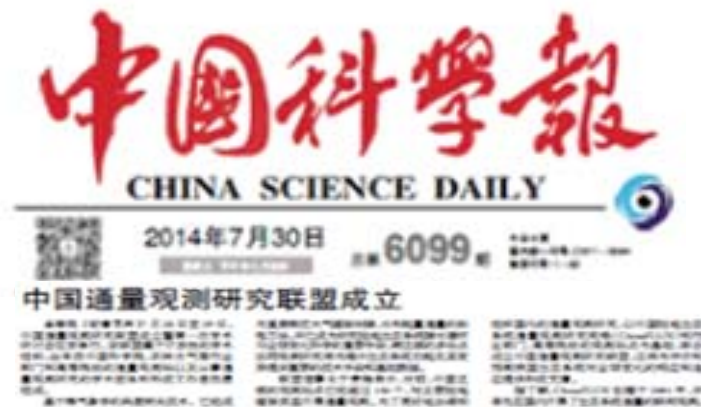
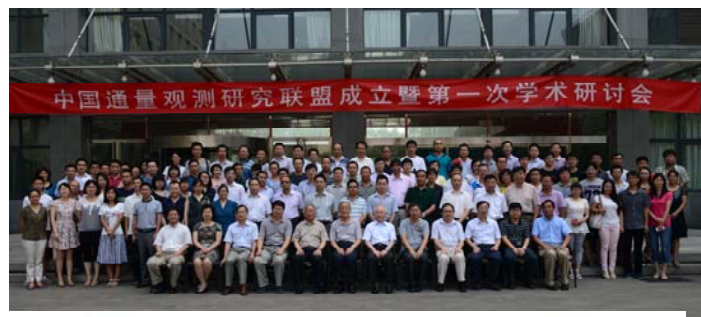
亚洲地区森林生态系统NEPREGPP含量随纬度变化情况



4. 学术交流与合作

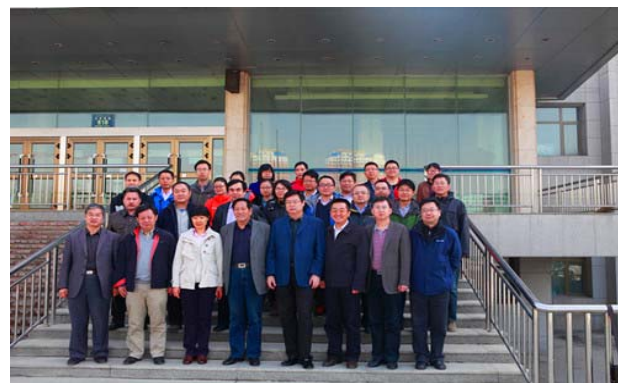
中国通量观测研究联盟（ChinaFLUX）成立暨第一次学术研讨会

- 经过国内通量观测研究领域专家和学者的多次研讨和共同筹备，2014年7月28日-29日，“中国通量观测研究联盟（ChinaFLUX）成立暨第一次学术研讨会”在中国科学院地理科学与资源研究所成功举行。来自全国40个高校及科研单位的专家、学者、研究生约200人出席会议。
- ChinaFLUX是由从事生态、气象、水文、遥感、环境及相关科学研究领域的科研、教学单位和科技工作者自愿组成，以单个通量观测站点或通量相关研究团队为基础的自由联盟，属于开放性的学术研究团体。
- 成立仪式上，联盟科学委员会主任、中国科学院院士孙鸿烈先生评价指出该联盟的一个重要功能是大家联合起来进行交流学习，共同研究和探讨通量观测方面的问题和方向，推动协同创新，实现数据共享，提升中国通量观测研究的国际影响力。联盟科学委员会副主任、中国工程院院士李文华先生表示，成立这样的联盟非常及时也非常必要，有助于解决大家关注的全国、全球性的问题。同时，基于科学家的联盟，多部门科学家的广泛参与也利于打破部门之间的界限。
- 中国科学院科技发展与促进局冯仁国局长指出，由科学家自发形成的科学联盟是一种重要的学术活动形式，也是目前最具活力的科研合作方式。期待通量联盟通过努力工作取得更大的科研进步，并基于实质性的联网观测与合作研究服务于重大的科研和国家需求。
- 作为联盟成立的共同发起人，专项观测研究网络的多个台站在会上围绕通量观测技术、碳氮水循环过程与机理、联网观测与模型评估等方面介绍和交流了取得的研究进展。



组织举办国内外学术会议

- 2014年4月25至27日，由新疆阿克苏绿洲农田生态系统国家野外科学观测研究站主办的“中德气候变化和水资源适应性管理研讨会”在乌鲁木齐召开，来自国内外的60名代表参加了会议。
- 2014年7月6-7日，阿克苏站研究人员在慕尼黑共同组织召开了中德合作项目《塔里木河流域生态水文模型》学术研讨会，来自中德双方的科研人员参加了会议。
- 2014年7月8日-10日，阿克苏站研究人员在霍因海姆大学共同组织召开了中德政府间合作《塔里木盆地绿洲棉田土壤固碳研究》项目中期学术研讨会，来自中德双方的科研人员参加了会议。
- 2015年1月28日，重大基金项目“森林生态系统碳-水耦合循环的生物调控机制”2014年度总结会议在中国科学院地理科学与资源研究所召开。专项观测网络中的长白山、千烟洲、鼎湖山、西双版纳和哀牢山参加本项目，并为项目开展提供重要的野外观测研究平台。



“中德研讨会”中方与会人员合影



中德气候变化和水资源适应性管理研讨会



2014年重大基金项目年度总结会



国内外人员互访与学术交流

- 2014年6月10-16日，鼎湖山站通量观测负责然闫俊华研究员作为中国青年科技奖获得者之一，被选派到井冈山干部学院参加青年科技领军人才国情研修班。
- 2014年8月9—17日，千烟洲站郭大立研究员和McCormack.ML博士后应邀参加了美国生态学会（The Ecological Society of America）举办的2014年年会，并分别作了相关报告。
- 2014年10月4-12日，鼎湖山站周国逸研究员受邀参加在美国盐湖城举行的“2014年国际林业组织联盟大会”。
- 2014年10月4—12日，千烟洲站王辉民研究员和廖迎春博士生应国际林联大会组委会主席Richard Guldin博士的邀请参加了在美国盐湖城举办的2014国际林联（IUFRO）世界大会，并作学术报告。
- 2014年，当雄站与日本农林环境研究所杜明远教授合作，在当雄新建人工草地通量观测站。
- 2014年7月26日，美国北卡罗来纳州立大学林火专家Robert Mickler博士来访千烟洲站考察访问。
- 2014年8月，日本国立环境研究所、日本筑波大学广田充教授前来海北站开展合作交流。
- 2014年9月22至9月27日，首届中德“中亚干旱区生态系统可持续管理与环境演变”学术研讨会在乌鲁木齐召开，34位德方专家和16所科研院校的近百余位中方专家和研究生参加了会议。
- 2014年10月4-12日。美国佛罗里达州圣约翰斯河管所欧阳颖博士、美国农业部林务局Ted Leiniger博士、Emile S. Gardiner等来访鼎湖山站，进行实地考察。
- 2014年11月3日，美国工程院院士、康奈尔大学土木与环境工程学院Brutsaert教授及中国科学院地理资源所刘昌明院士在长武站进行学术交流。
- 2014年12月16-19日，国际生态系统模型专家、澳大利亚CSIRO王应平教授与惠大丰教授等相继来访鼎湖山站开展工作研讨，26日，王应平教授再次来站并作学术报告。



美国生态学会(ESA)2014年年会



2014年国际林业组织联盟大会



中亚干旱区生态系统可持续管理与环境演变研讨会



Brutsaert教授和刘昌明院士在长武站

观测站点

农田生态系统

站点名称：阿克苏绿洲农田通量观测站
依托CERN台站：阿克苏站
所属单位：新疆生态与地理研究所
通量观测负责人：赵成义
联系方式：0991-7885455
Email: zcy@ms.xjb.ac.cn

站点名称：长武黄土塬区农田通量观测站
依托CERN台站：长武站
所属单位：水土保持研究所
通量观测负责人：刘文兆
联系方式：029-87012307
Email: wzliu@ms.iswc.ac.cn

站点名称：临泽绿洲农田通量观测站
依托CERN台站：临泽站
所属单位：寒区旱区环境与工程研究所
通量观测负责人：赵文智
联系方式：0931-4967137
Email: zhaowzh@lzb.ac.cn

站点名称：栾城暖温带农田通量观测站
依托CERN台站：栾城站
所属单位：遗传与发育生物学研究所
通量观测负责人：王玉英
联系方式：0311-85814769
Email: wangyuying@sjziam.ac.cn

站点名称：桃源亚热带稻田通量观测站
依托CERN台站：桃源站
所属单位：亚热带农业生态研究所
通量观测负责人：陈安磊
联系方式：0731-94615223
Email: alchen@isa.ac.cn

站点名称：禹城暖温带农田通量观测站
依托CERN台站：禹城站
所属单位：地理科学与资源研究所
通量观测负责人：赵风华
联系方式：010-64889300
Email: zhaozh@igsnr.ac.cn

草地生态系统

站点名称：安塞黄土高原草地通量观测站
依托CERN台站：安塞站
所属单位：水土保持研究所
通量观测负责人：陈云明
联系方式：029-87012210
Email: ymchen@ms.iswc.ac.cn

站点名称：锡林郭勒温带草地通量观测站
依托CERN台站：内蒙古站
所属单位：植物研究所
通量观测负责人：陈世苹
联系方式：010-62836233
Email: spchen@ibcas.ac.cn

站点名称：当雄高寒草甸通量观测站
依托CERN台站：拉萨站
所属单位：地理科学与资源研究所
通量观测负责人：石培礼
联系方式：010-64854230
Email: shipl@igsnr.ac.cn

站点名称: 海北高寒生态系统通量观测站
依托CERN台站: 海北站
所属单位: 西北高原生物研究所
通量观测负责人: 李英年
联系方式: 0971-6133353
Email: ynli@nwipb.cas.cn

荒漠生态系统

站点名称: 阜康盐生荒漠通量观测站
依托CERN台站: 阜康站
所属单位: 新疆生态与地理研究所
通量观测负责人: 李彦
联系方式: 0991-7885415
Email: liyan@ms.xjb.ac.cn
站点名称: 沙坡头荒漠通量观测站
依托CERN台站: 沙坡头站
所属单位: 寒区旱区环境与工程研究所
通量观测负责人: 李新荣
联系方式: 0931-8273894
Email: lxinrong@lzb.ac.cn

湿地生态系统

站点名称: 三江平原沼泽湿地通量观测站
依托CERN台站: 三江站
所属单位: 东北地理与农业生态研究所
通量观测负责人: 宋长春
联系方式: 0431-85542204
Email: songcc@neigae.ac.cn

森林生态系统

站点名称: 哀牢山亚热带常绿阔叶林通量观测站
依托CERN台站: 哀牢山站
所属单位: 西双版纳热带植物园
通量观测负责人: 沙丽清
联系方式: 0871-65160904
Email: shalq@xtbg.ac.cn

站点名称: 西双版纳热带季雨林通量观测站
依托CERN台站: 西双版纳站
所属单位: 西双版纳热带植物园
通量观测负责人: 张一平
联系方式: 0871-65160916
Email: yipingzh@xtbg.ac.cn

站点名称: 长白山温带阔叶红松林通量观测站
依托CERN台站: 长白山站
所属单位: 沈阳应用生态研究所
通量观测负责人: 韩士杰
联系方式: 024-83970343
Email: hansj@iae.ac.cn

站点名称: 鼎湖山南亚热带季风常绿林通量观测站
依托CERN台站: 鼎湖山站
所属单位: 华南植物园
通量观测负责人: 闫俊华
联系方式: 020-37252720
Email: jhyan@scib.ac.cn

站点名称: 贡嘎山亚高山暗针叶林通量观测站
依托CERN台站: 贡嘎山站
所属单位: 成都山地灾害与环境研究所
通量观测负责人: 王根绪
联系方式: 028-85233420
Email: wanggx@imde.ac.cn

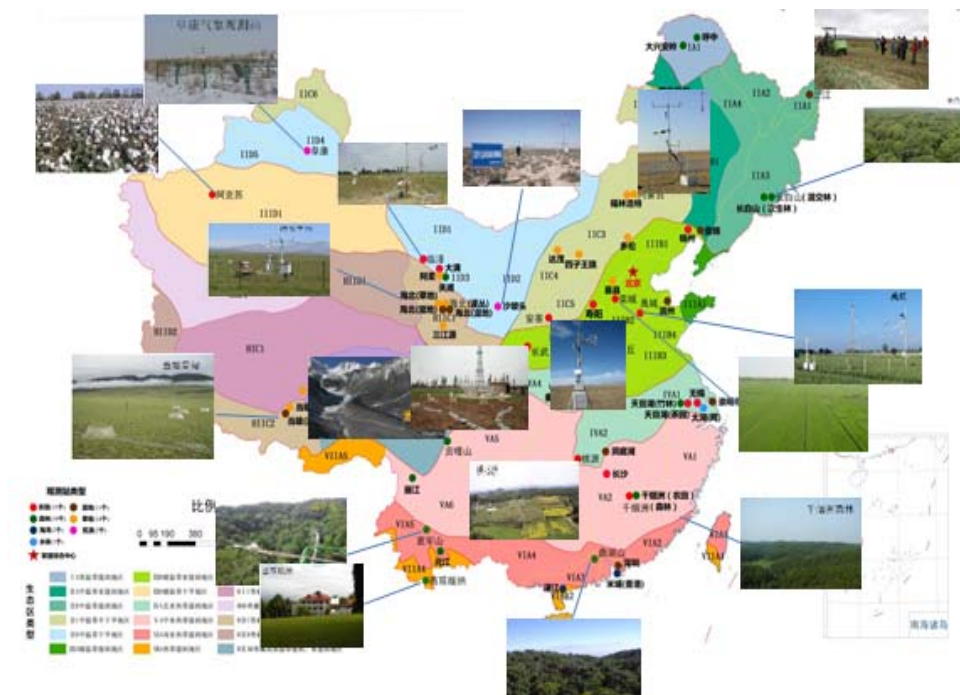
站点名称: 千烟洲中亚热带针叶林通量观测站
依托CERN台站: 千烟洲站
所属单位: 地理科学与资源研究所
通量观测负责人: 王辉民
联系方式: 010-64889669
Email: wanghm@igsrr.ac.cn

综合研究中心

依托单位: 地理科学与资源研究所
负责人: 于贵瑞
联系方式: 010-64889432
Email: yugr@igsrr.ac.cn



中国陆地生态系统通量专项观测网络台站分布



站点名称	经度	纬度	生态系统类型
阿克苏	80° 45' E	40° 37' N	绿洲农田
长武	107° 41' E	35° 14' N	黄土塬农田
临泽	100° 07' 42" E	39° 21' 59" N	绿洲农田
栾城	114° 41' E	37° 53' N	暖温带农田
桃源	111° 26' E	28° 55' N	亚热带稻田
禹城	116° 34' E	36° 50' N	暖温带农田
安塞	109° 19' 23" E	36° 51' 30" N	黄土高原草地
锡林郭勒	116° 40' E	43° 32' N	温带草地
当雄	91.0064° E	30.4979° N	高寒草甸
海北	101° 12' E	37° 29' N	高寒草甸
阜康	84° 31' E	44° 11' N	荒漠
沙坡头	104° 57' E	37° 27' N	荒漠
三江	133° 31' E	47° 35' N	沼泽湿地
哀牢山	101° 01' E	24° 32' N	亚热带常绿阔叶林
西双版纳	101° 16' 22" E	21° 54' 41.1" N	热带雨林
长白山	128° 28' E	42° 24' N	寒温带针叶林
鼎湖山	112° 30' 39" E	23° 09' 21" N	亚热带季风常绿林
贡嘎山	101° 59' 54" E	29° 34' 34" N	高山暗针叶林
千烟洲	115° 03' 29" E	26° 44' 29" N	中亚热带针叶林



中国生态系统通量专项观测研究网络的任务是基于中国生态系统研究网络（CERN），开展生态系统尺度的碳氮水通量的长期、连续观测，为解析生态系统对全球变化的响应和适应提供基础性观测数据和科学认知。

中国陆地生态系统通量观测研究网络（ChinaFLUX）

办公室

联系人：张雷明、王秋凤、温学发

地址：北京市朝阳区大屯路甲11号中国科学院地理科学与资源研究所

邮编：100101

电话：86-10-64889272， 64889808

Email: chinaflux@cern.ac.cn

网站：http://www.chinaflux.ac.cn

