

Variations in leaf anatomical characteristics drive the decrease of mesophyll conductance in poplar under elevated ozone

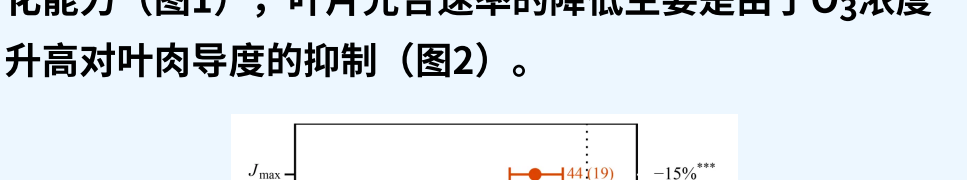
Yansen Xu, Zhaozhong Feng✉, Jinlong Peng, Johan Uddling

First published: 31 January 2023 | <https://doi.org/10.1111/gcb.16621>

2023年1月31日，南京信息工程大学冯兆忠团队在臭氧（O₃）浓度升高对叶肉导度影响的机制上取得重要进展，研究结果以“**Variations in leaf anatomical characteristics drive the decrease of mesophyll conductance in poplar under elevated ozone**”为题在线发表于国际著名学术期刊**Global Change Biology**（IF=13.2）上。该研究结合实验和数据整合分析发现O₃浓度升高增厚细胞壁和减小叶绿体尺寸导致CO₂在叶片内的传输阻力增加，进而抑制了叶片光合固碳能力。

臭氧（O₃）是对植物具有毒害作用的气态污染物。随着工业化和城市化进程加快，近地层O₃浓度不断升高已经成为重要的大气污染物。高浓度O₃通过气孔进入植物叶片内产生氧化胁迫，抑制叶片光合速率，进而降低植被生产力。叶肉导度是CO₂从细胞间隙向叶绿体内Rubisco酶羧化位点传导阻力的倒数，与气孔导度和光合生化能力（最大羧化速率和最大电子传递速率）共同决定了叶片光合速率。团队前期在杨树的研究中已经发现O₃浓度升高导致叶肉导度降低，是抑制叶片光合速率的关键，但是内在机理尚不清楚。

CO₂在叶片内部的传输导度与叶片结构紧密相关，主要可以划分四个部分即：CO₂在细胞间隙的传输导度（g_{ias}）、CO₂穿过细胞壁的传输导度（g_{cw}）、CO₂在细胞质内的传输导度（g_{cyt}）和CO₂在叶绿体内的传输导度（g_{st}）。过去的研究已经表明O₃浓度升高破坏了叶片结构，但是尚未明确哪些结构特征的变化导致了叶肉导度的降低。为此本研究重点关注O₃浓度升高下叶片结构特征与叶肉导度的关系，探究O₃对叶肉导度的影响机理。



Graphical abstract

首先为了明确O₃浓度升高下叶肉导度降低是抑制叶片光合速率的关键。该研究首先采用整合分析的手段，首先收集全球范围内O₃对叶肉导度影响的实验研究结果。综合分析表明O₃浓度升高显著降低了气孔导度、叶肉导度和光合生化能力（图1），叶片光合速率的降低主要是由于O₃浓度升高对叶肉导度的抑制（图2）。

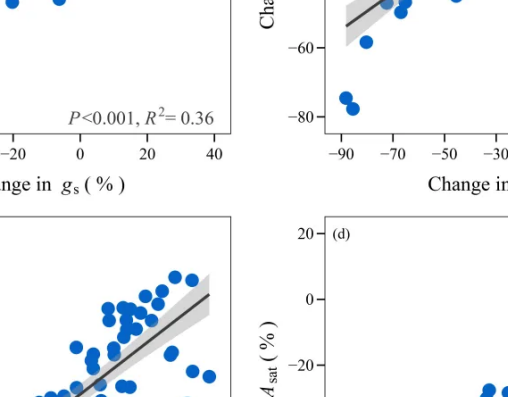


图1 气体交换参数对O₃浓度升高的响应比

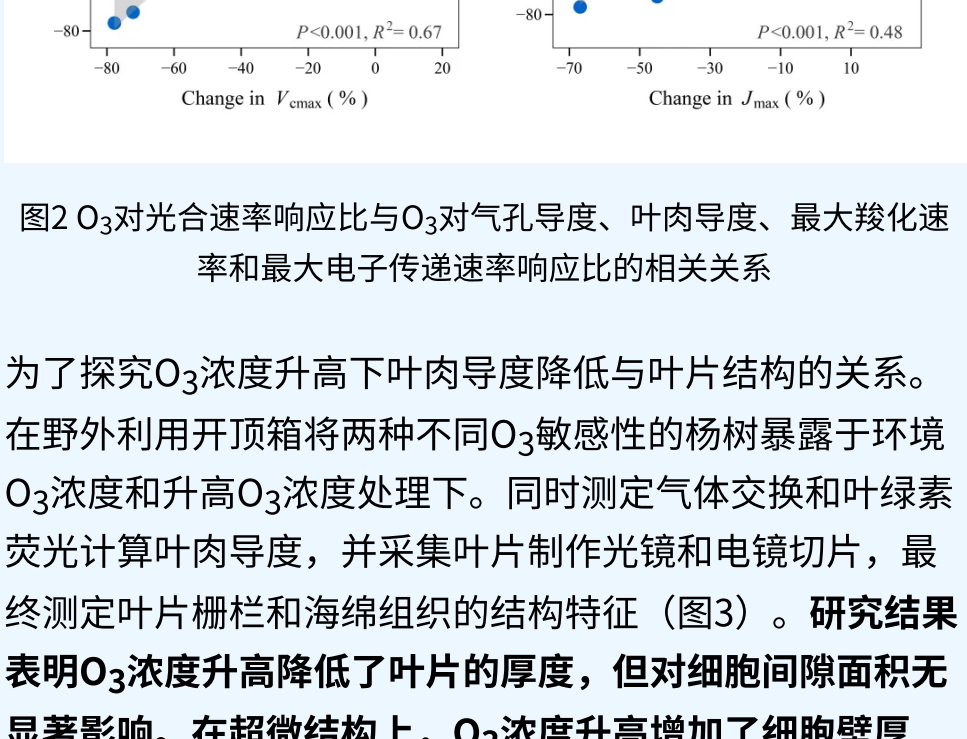


图2 O₃对光合速率响应比与O₃对气孔导度、叶肉导度、最大羧化速率和最大电子传递速率响应比的相关关系

为了探究O₃浓度升高下叶肉导度降低与叶片结构的关系。在野外利用开顶箱将两种不同O₃敏感性的杨树暴露于环境O₃浓度和升高O₃浓度处理下。同时测定气体交换和叶绿素荧光计算叶肉导度，并采集叶片制作光镜和电镜切片，最终测定叶片栅栏和海绵组织的结构特征（图3）。研究结果表明O₃浓度升高降低了叶片的厚度，但对细胞间隙面积无显著影响。在超微结构上，O₃浓度升高增加了细胞壁厚度、减少了叶绿体数量、缩小叶绿体和淀粉粒尺寸，最终增加了叶绿体之间和叶绿体到细胞壁的距离。通过相关分析表明O₃浓度升高下叶片关键结构特征与叶肉导度具有高度相关性。

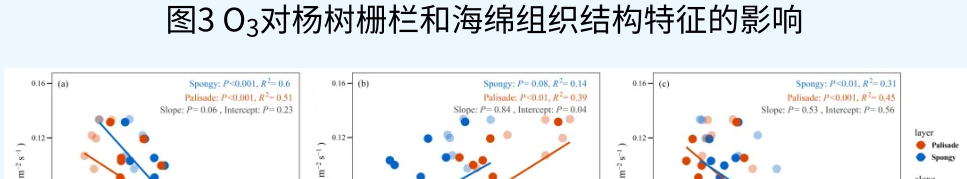


图3 O₃对杨树栅栏和海绵组织结构特征的影响

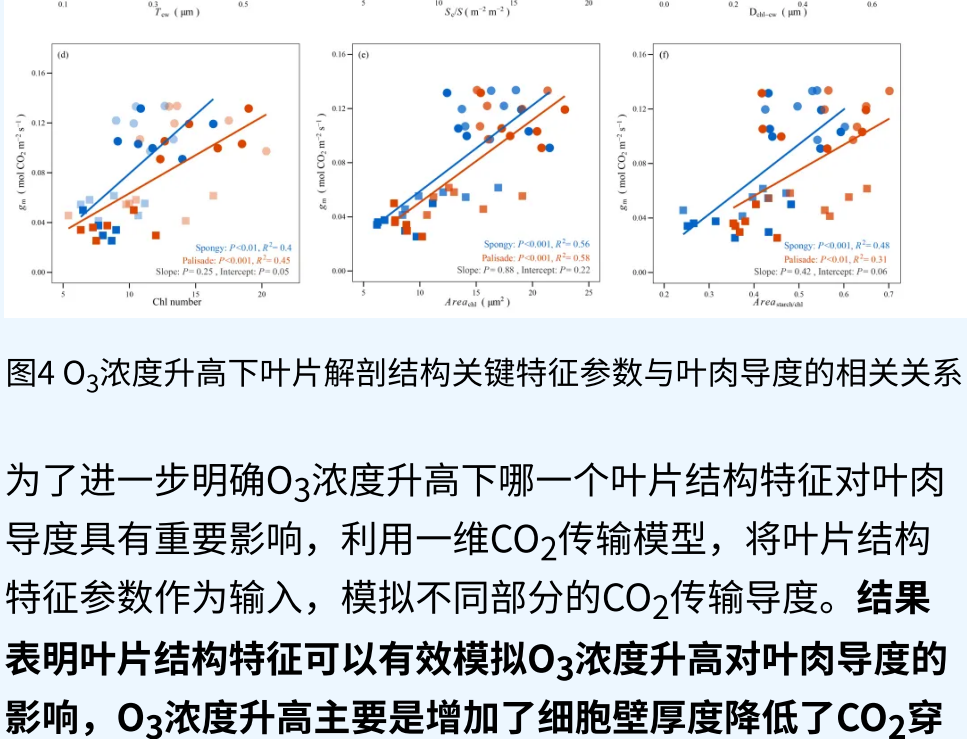


图4 O₃浓度升高下叶片解剖结构关键特征参数与叶肉导度的相关关系

为了进一步明确O₃浓度升高下哪一个叶片结构特征对叶肉导度具有重要影响，利用一维CO₂传输模型，将叶片结构特征参数作为输入，模拟不同部分的CO₂传输导度。结果表明叶片结构特征可以有效模拟O₃浓度升高对叶肉导度的影响，O₃浓度升高主要是增加了细胞壁厚度降低了CO₂穿过细胞壁的传输导度，此外还减少叶绿体尺寸增加了叶绿体到细胞壁的具体，进而减少CO₂在细胞质内的传输导度（图5）。

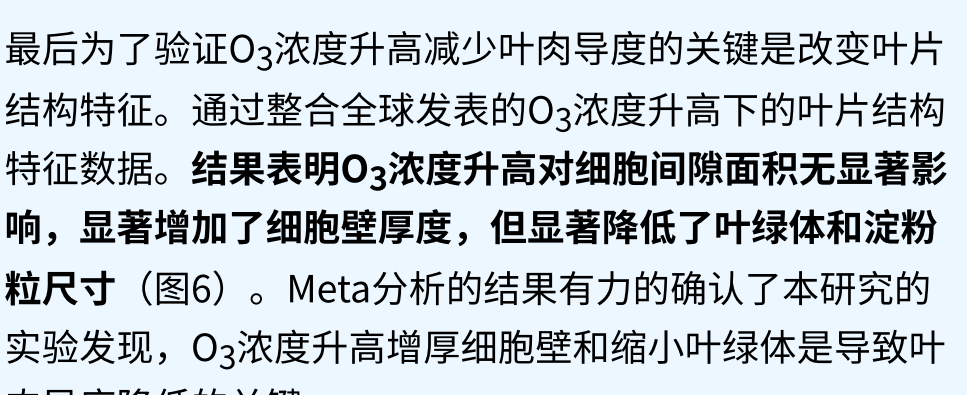


图5 O₃浓度升高对CO₂在栅栏和海绵组织细胞内液相传输导度的影响

最后为了验证O₃浓度升高减少叶肉导度的关键是改变叶片结构特征。通过整合全球发表的O₃浓度升高下的叶片结构特征数据。结果表明O₃浓度升高对细胞间隙面积无显著影响，显著增加了细胞壁厚度，但显著降低了叶绿体和淀粉粒尺寸（图6）。Meta分析的结果有力的确认了本研究的实验发现，O₃浓度升高增厚细胞壁和缩小叶绿体是导致叶肉导度降低的关键。

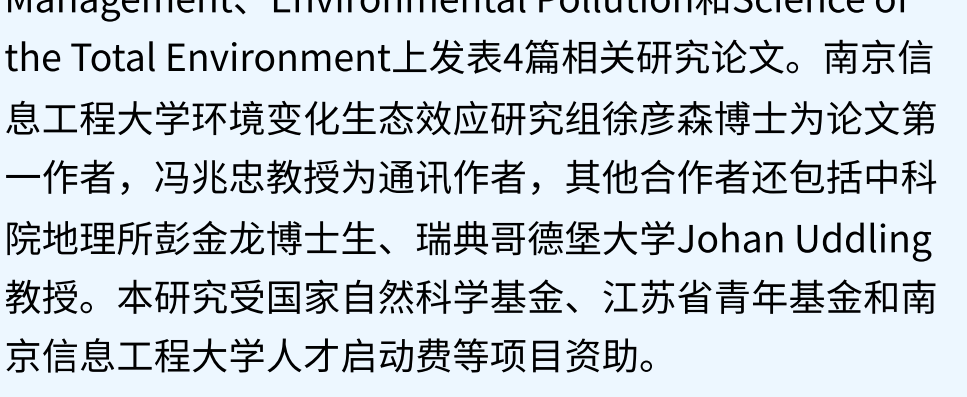


图6 整合分析叶片结构特征对O₃浓度升高的响应比

团队自2017年以来长期关注O₃浓度升高对叶肉导度的影响，先后在Tree Physiology、Forest Ecology and Management、Environmental Pollution和Science of the Total Environment上发表4篇相关研究论文。南京信息工程大学环境变化生态效应研究组徐彦森博士为论文第一作者，冯兆忠教授为通讯作者，其他合作者还包括中科院地理所彭金龙博士生、瑞典哥德堡大学Johan Uddling教授。本研究受国家自然科学基金、江苏省青年基金和南京信息工程大学人才启动费等项目资助。

文章下载链接：
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.16621>

作者简介

徐彦森，南京信息工程大学应用气象学院讲师，硕士生导师，主要从事环境变化生态效应、植物生理生态学等方面的研究，近年来Nature Food、Global Change Biology、Tree physiology、Forest ecology and management等期刊发表多篇论文。

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气溶胶等)多因子对农田生态系统功能的复合影响；重点探讨植物(光合生理生态、水分生理生态等)、土壤（介导碳氮转化的关键微生物、土壤性状）、植物-土壤界面、土壤-大气界面及生态系统尺度的碳氮循环过程对环境变化的响应、适应与反馈。团队由教育部长江学者特聘教授冯兆忠和江苏省特聘教授Evgenios Agathokleous领衔的9名教师、5名博士后和20余名研究生组成。在研项目有国家基金12项（青年、面上、重点及国际合作交流等类型），省部级基金多项。

基于团队发展需要，欢迎具有土壤温室气体观测、土壤固碳及农田生态系统模型等研究方向的优秀青年俊才加入。

👉联系我们：<https://eeec.net.cn/enroll>

环境变化生态效应团队

环境变化生态效应研究组（EEEC），以野外原位观测模拟环境变化的控制实验(开顶箱OTCs、FACE平台)为主要手段，研究空气污染和气候变化(地表O₃和CO₂升高、增温和气