



中山大学 测绘科学与技术学院



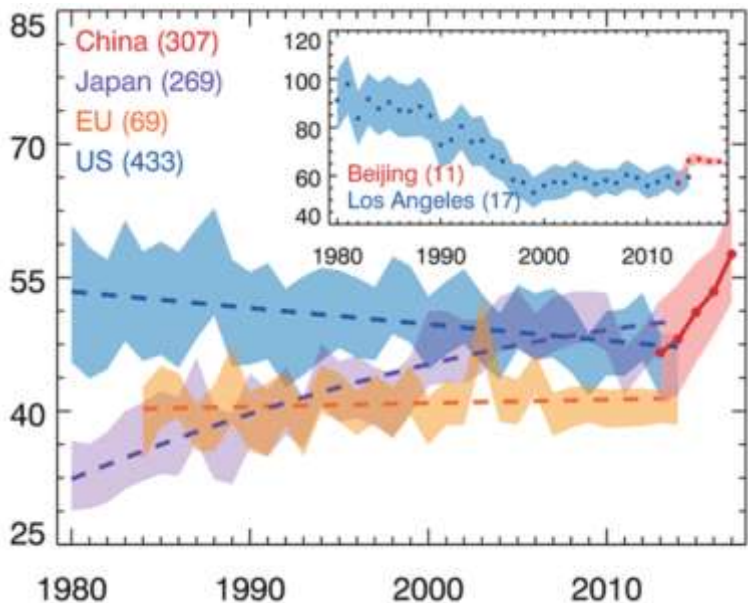
近40年臭氧污染对美国作物减产的风险评估

裴杰， 助理教授

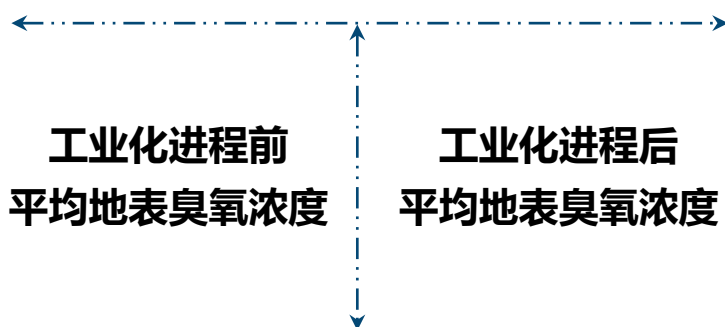
2023-7-28



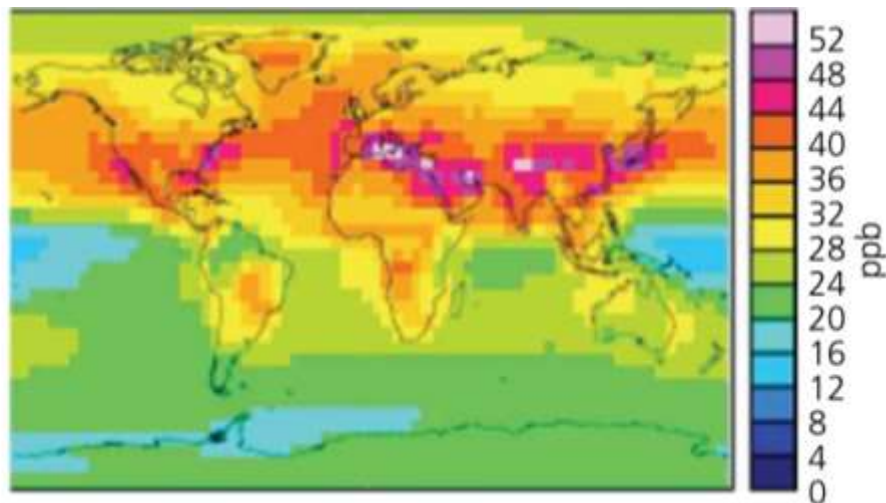
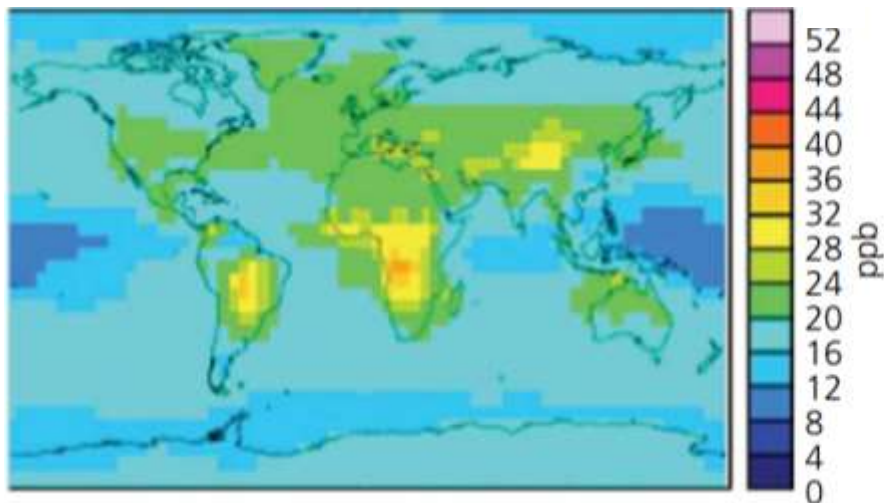
近地面臭氧污染变化趋势：全球视角



日间8h最大臭氧浓度
随时间变化趋势



- 美国和欧盟臭氧污染仍然处于较高污染水平
- 中国自2013年有城市监测站以来具有臭氧监测数据，臭氧污染水平迅速增长



- 随着工业化进程发展，臭氧污染加剧，中低纬度区域污染显著

O₃危害

- 损害人体健康，引发呼吸道疾病、肺功能损伤
- 抑制植物生长，破坏植被生理功能和内部结构，降低光合速率，降低**生态系统生产力**，从而导致**作物减产**，威胁全球作物生长与粮食安全

研究意义

定量评估**近地面臭氧污染**对**作物生长**所造成的影响对制定臭氧污染防治目标和保障地区粮食安全具有重要意义。



田间实验建立 O_3 -产量响应模型

局限性

- 人力、物力消耗大
- O_3 评估指标选取、模型参数化不确定性大
- 由于站点的空间规模、地理位置和品种差异，将响应关系外推到环境条件高度异质性区域会造成误差



开放式 O_3 浓度升高平台(O_3 -FACE)



大田开顶式气室(OTC)

区域尺度基于统计模型构建O₃-产量响应关系

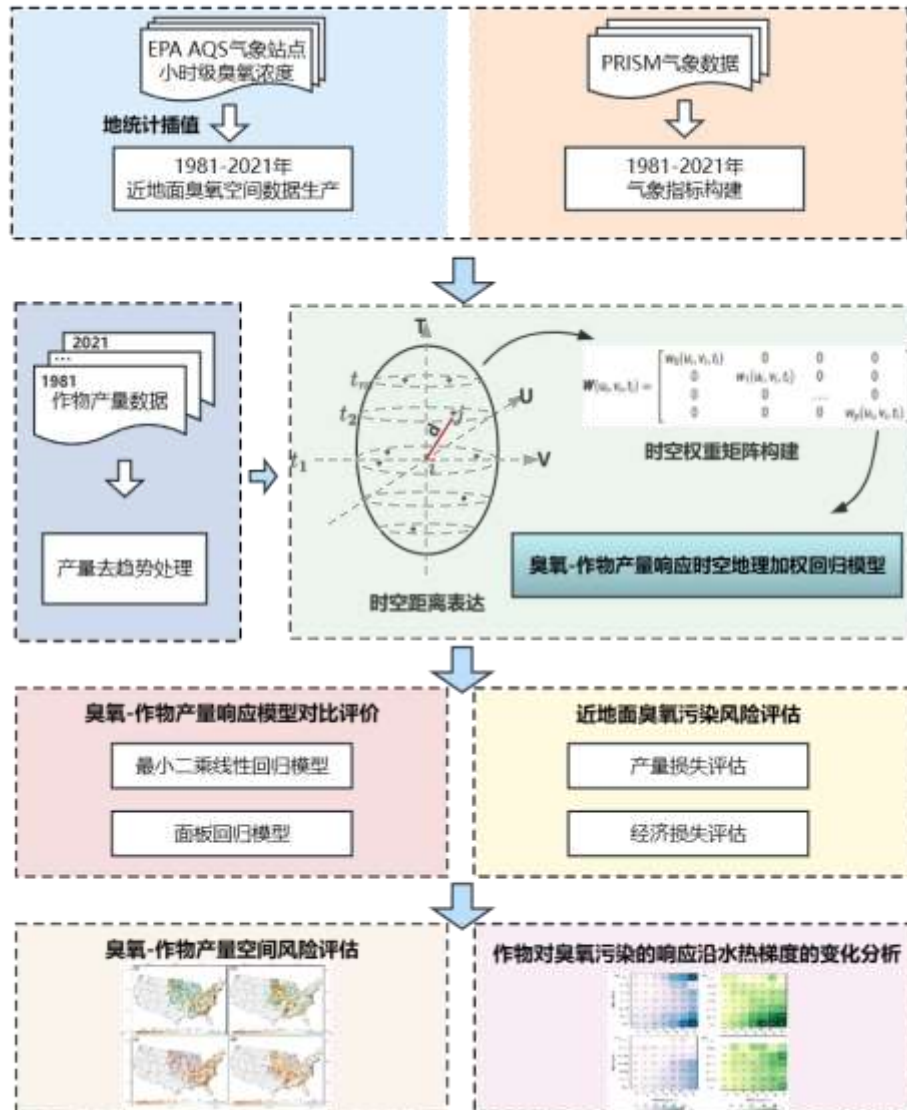
局限性



02

研究成果

• 基于GTWR模型对美国41年间近地面臭氧污染风险评估



GTWR (Geographically and temporally weighted regression) 是一种针对空间异质性问题回归分析方法，具有以下优势：

- 模型能够考虑地理空间异质性
- 更准确地描述变量间的关系
- 提高了空间预测的准确性

本研究提出基于**时空地理加权回归模型**构建 O_3 -作物产量响应关系，可以在更**精细的时间和空间尺度**上分析 O_3 造成作物减产的结果，模型可以稳健、细致地捕捉 O_3 对农作物影响的**空间异质性特征**。

研究结果

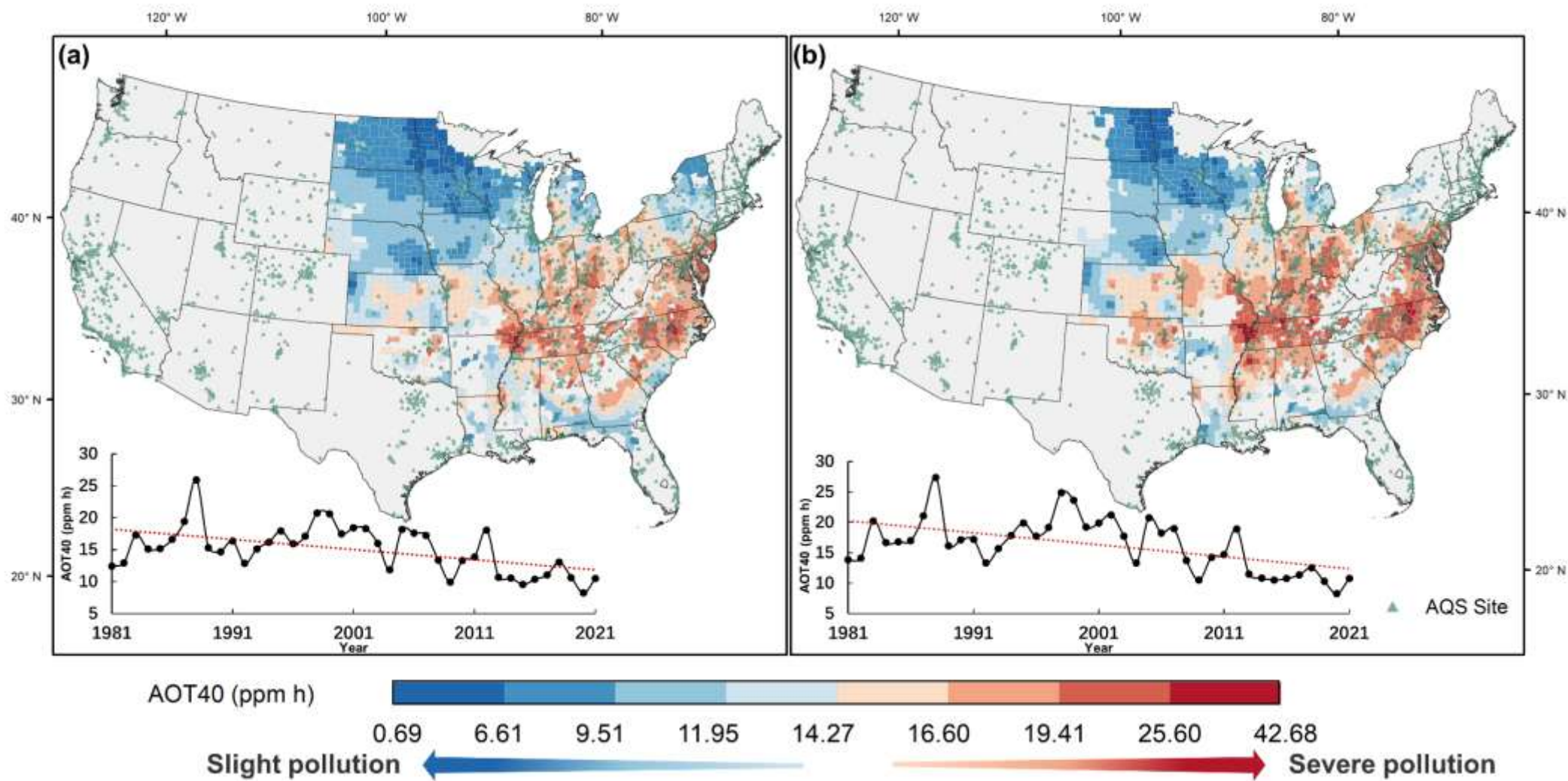


图1 研究区及多年AOT40指标分布 (a) 和 (b) 分别代表玉米和大豆。

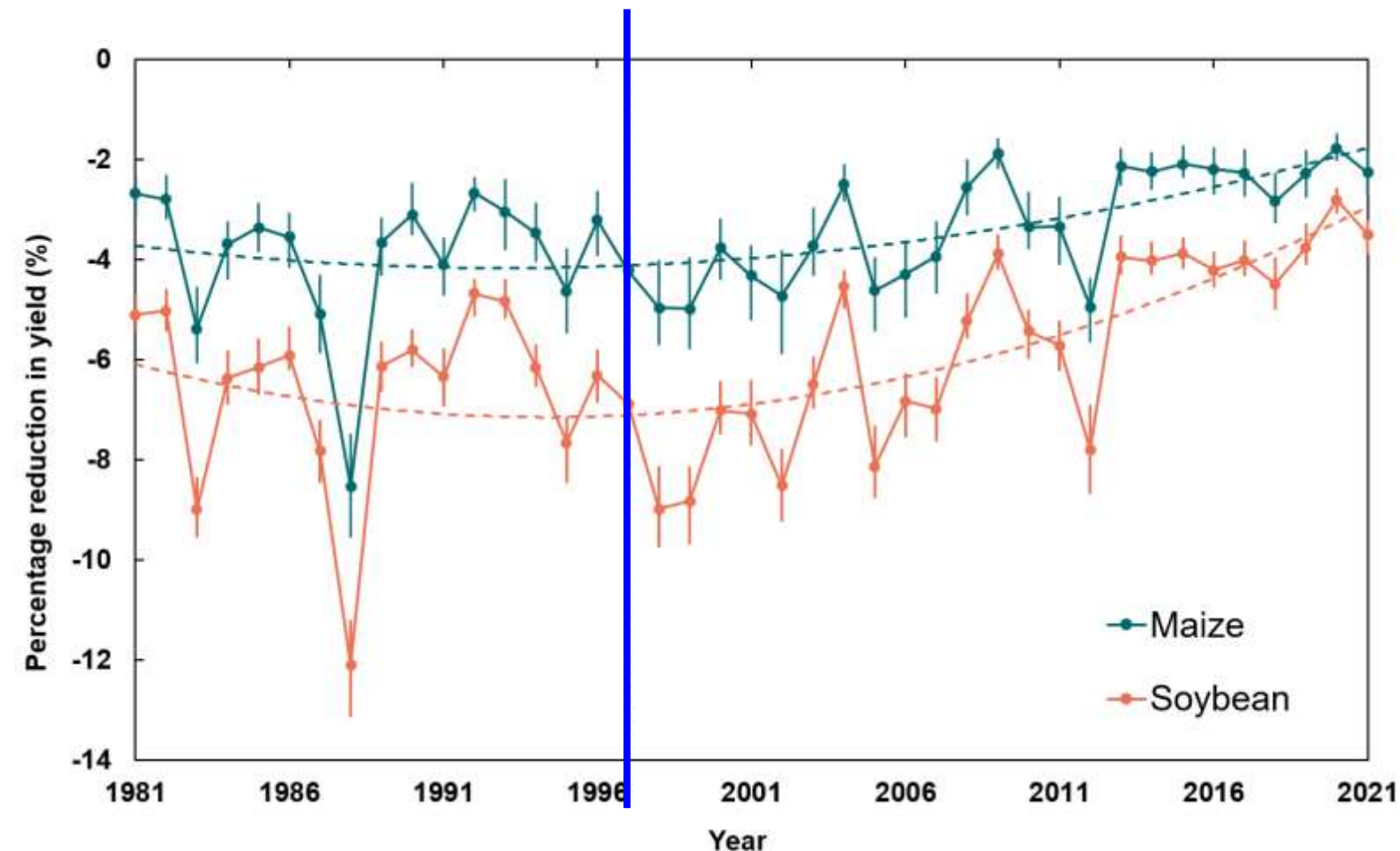
研究结果

表1 OLS、面板回归模型和GTWR模型结果

| Parameters | Maize | | | Soybean | | |
|------------------------|-------|------------------------|--------------|---------|------------------------|--------------|
| | OLS | Panel regression model | GTWR | OLS | Panel regression model | GTWR |
| R ² | 0.18 | 0.30 | 0.77 | 0.17 | 0.26 | 0.75 |
| Adj. R ² | 0.18 | 0.28 | 0.75 | 0.17 | 0.24 | 0.73 |
| RMSE | 1.89 | 1.93 | 0.99 | 0.54 | 0.57 | 0.29 |
| Moran's I of residuals | 0.552 | 0.592 | 0.002 | 0.512 | 0.589 | 0.003 |

GTWR模型具有更高精度。最小二乘线性回归和面板回归模型的残差的Moran' s I均大于 0.5，表明**残差存在显著的空间聚集特征**。GTWR模型的残差Moran' s I接近0，表明GTWR模型残差在空间上呈随机分布，**有效解决了变量间空间自相关问题**。

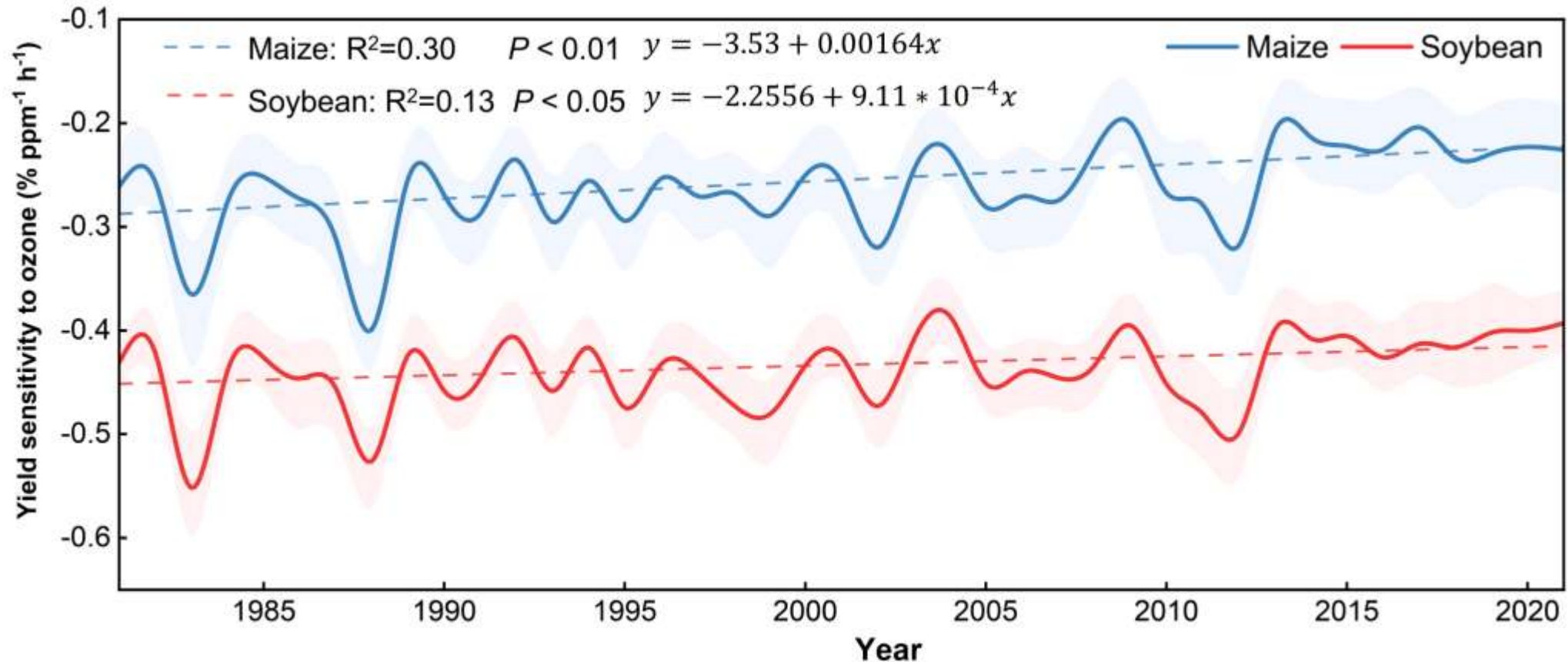
研究结果



- ◆ 1981-2021 年臭氧污染造成玉米平均产量损失为3.5%，大豆为 6.1%。**大豆的产量损失大约是玉米的两倍。**
- ◆ 臭氧污染分别导致玉米和大豆减产 3.21 亿吨和 2.1 亿吨，经济损失 432.5 亿美元和 635.7 亿美元。
- ◆ 1997年美国环境保护署（EPA）制定了更严格的臭氧排放政策，**1998年后，臭氧污染改善速度加快，产量损失减少。**

通过政策措施调控污染物排放，可以有效减少作物产量损失

研究结果



玉米和大豆对 AOT40 的多年平均敏感性为 $0.26\% \text{ ppm}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 和 $0.44\% \text{ ppm}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 。

但是，过去40年作物对臭氧敏感性整体在下降。

作物产量对O3敏感性结果与站点控制实验结果相符



Available online at www.sciencedirect.com



Atmospheric Environment 41 (2007) 2630–2643

ATMOSPHERIC
ENVIRONMENT

www.elsevier.com/locate/atmosenv



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Pollution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol



大豆: 1.16%, 玉米: 0.36%

A synthesis of AOT40-based response functions and critical levels of ozone for agricultural and horticultural crops

G. Mills^{a,*}, A. Buse^a, B. Gimeno^b, V. Bermejo^b, M. Holland^c,
L. Emberson^d, H. Pleijel^e

^aCEH Bangor, Deiniol Road, Bangor LL57 2UP, UK

^bCIEMAT, Avda. Complutense 22, 28040 Madrid, Spain

^cEMRC, 2 New Buildings, Whitechurch Hill, Reading RG8 7PW, UK

^dUSDA ARS Global Change and Photosynthesis Research Unit, Urbana, IL 61801, USA

^eGlobal Change Biology

Global Change Biology (2016) 22, 3097–3111, doi: 10.1111/gcb.13318

大豆: 0.76%

Has the sensitivity of soybean cultivars to ozone pollution increased with time? An analysis of published dose–response data

STEPHANIE A. OSBORNE^{1,2}, GINA MILLS¹, FELICITY HAYES¹, ELIZABETH A. AINSWORTH³, PATRICK BÜKER² and LISA EMBERSON²

¹Centre for Ecology and Hydrology, Environment Centre Wales, Bangor LL57 2UW, UK, ²Stockholm Environment Institute, University of York, York YO10 5NG, UK, ³USDA ARS Global Change and Photosynthesis Research Unit, Urbana, IL 61801, USA

玉米: 0.58%

Ozone exposure- and flux-yield response relationships for maize[☆]

Jinlong Peng^{a,b}, Bo Shang^{a,b}, Yansen Xu^{a,b}, Zhaozhong Feng^{b,c,*}, Håkan Pleijel^d,
Vicent Calatayud^e

^aState Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shuangqing Road 18, Haidian District, Beijing, 100085, China

^bCollege of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China

^cInstitute of Ecology, Collaborative Innovation Center of Atmospheric Environment and Equipment Technology, School of Environmental Science and Technology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, 210044, China

^dBiological and Environmental Sciences, University of Gothenburg, PO Box 461, S-405 30, Göteborg, Sweden

^eFundación CEAM, c/ Charles R. Darwin 14, Parque Tecnológico, 46980, Paterna, Valencia, Spain



Environ Sci Pollut Res (2014) 21:2628–2641

DOI 10.1007/s11356-013-2188-6

RESEARCH ARTICLE

玉米: 0.32%–0.46%

Assessment of growth and yield losses in two *Zea mays* L. cultivars (quality protein maize and nonquality protein maize) under projected levels of ozone

Aditya Abha Singh · S. B. Agrawal · J. P. Shahi ·
Madhoolika Agrawal

未考虑时空异质性的其他统计模型结果与控制实验结论相反

大豆：0.49%，玉米：0.62%



An analysis of ozone damage to historical maize and soybean yields in the United States

Justin M. McGrath^a, Amy M. Betzelberger^b, Shaowen Wang^{c,d}, Eric Shook^e, Xin-Guang Zhu^{a,f}, Stephen P. Long^{a,g,h,1}, and Elizabeth A. Ainsworth^{a,g,i,1}

^aInstitute for Genomic Biology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801; ^bDepartment of Biological Sciences, University of Cape Town, Rondebosch 7701, South Africa; ^cDepartment of Geography and Geographic Information Science, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801; ^dNational Center for Supercomputing Applications, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801; ^eDepartment of Geography, Kent State University, Kent, OH 44242; ^fPartner Institute for Computational Biology, Chinese Academy of Sciences-Max Planck Society, Shanghai 200031

Earth's Future

大豆：0.43%，玉米：0.83%



RESEARCH ARTICLE

10.1029/2021EF002000

Key Points:

- Relative crop yield losses to air pollution ranged 20%–30% in the United States over the past four decades

Significant Reductions in Crop Yields From Air Pollution and Heat Stress in the United States

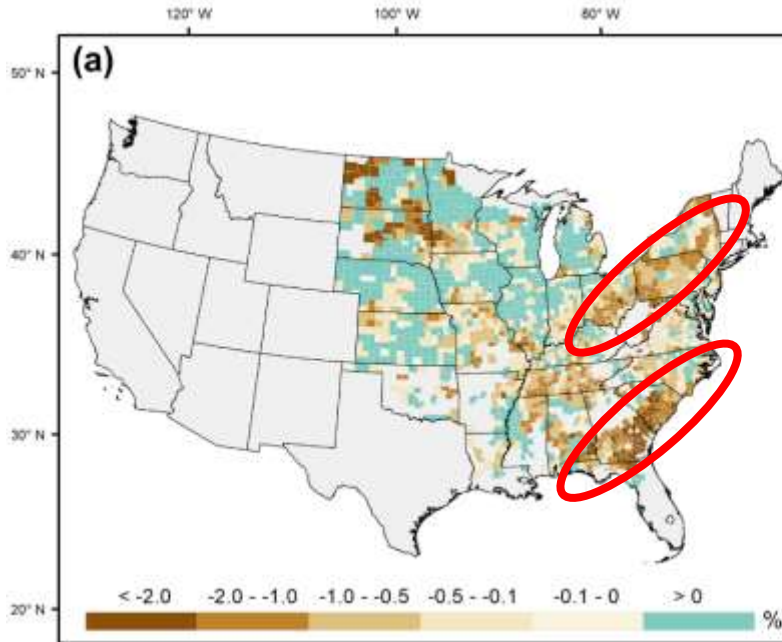
Xiang Liu^{1,2}  and Ankur R. Desai¹ 

¹Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, USA, ²School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, China

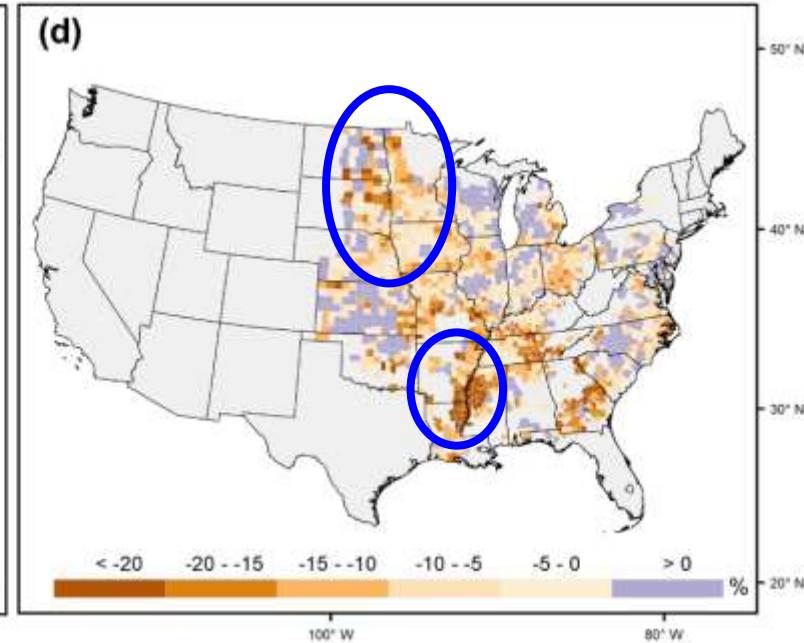
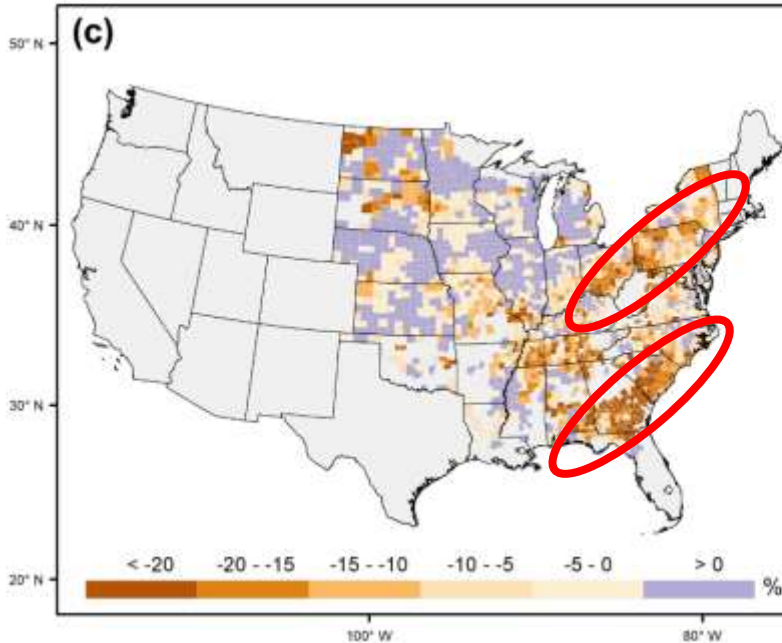
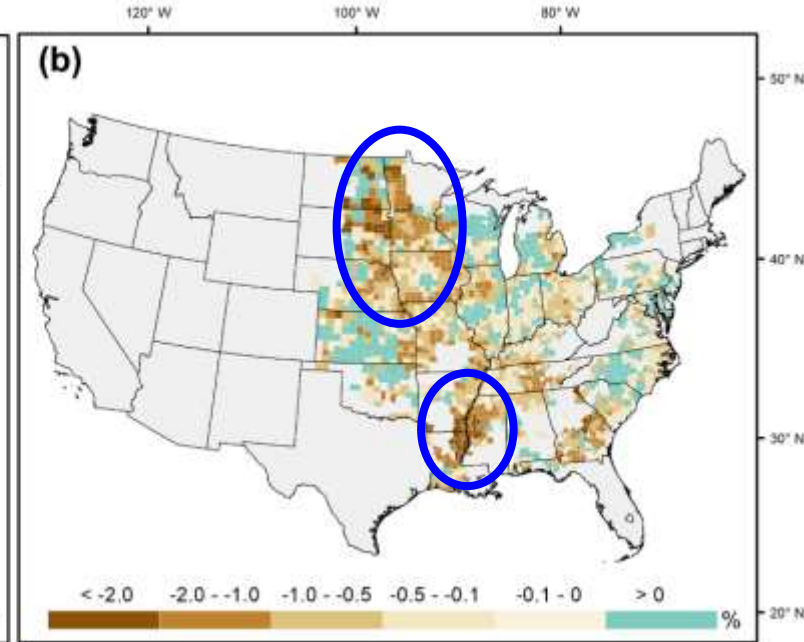
研究结果

- ◆ 臭氧污染敏感性与相对产量损失之间存在很强的**空间相关关系**
- ◆ 对于玉米，臭氧损害最严重区域是**美国东北部和东南部**
- ◆ 对于大豆，**美国中西部**和**密西西比河流域**是大豆受损的热点地区

玉米



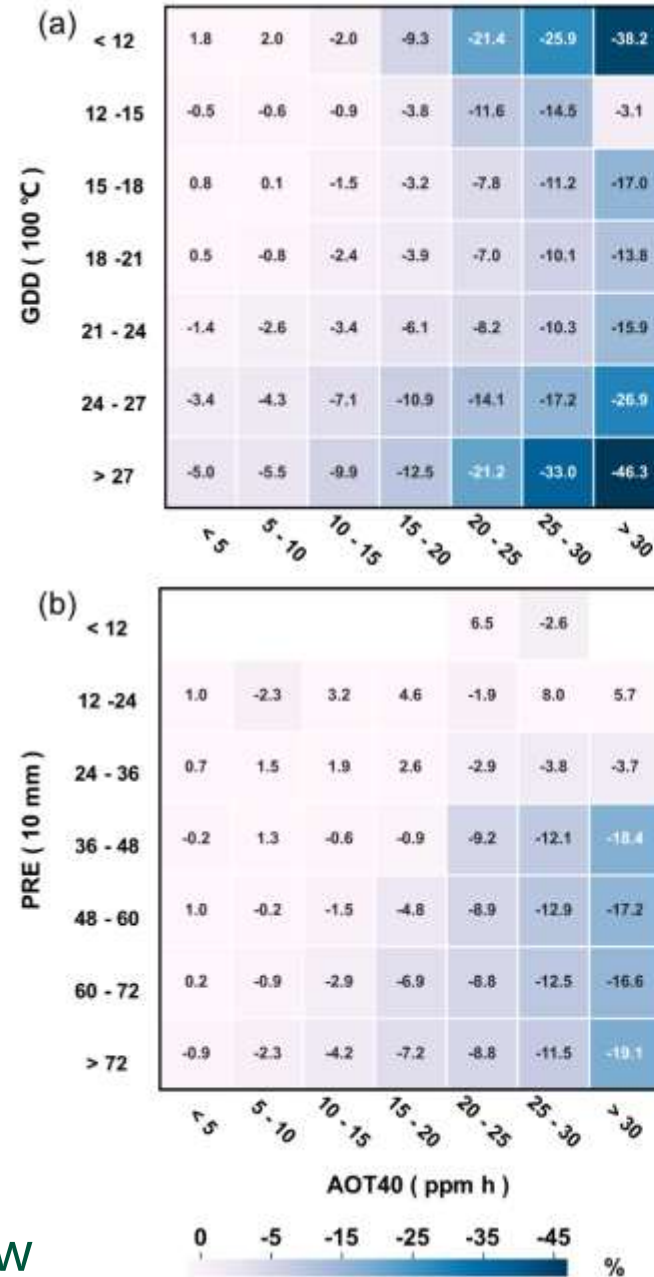
大豆



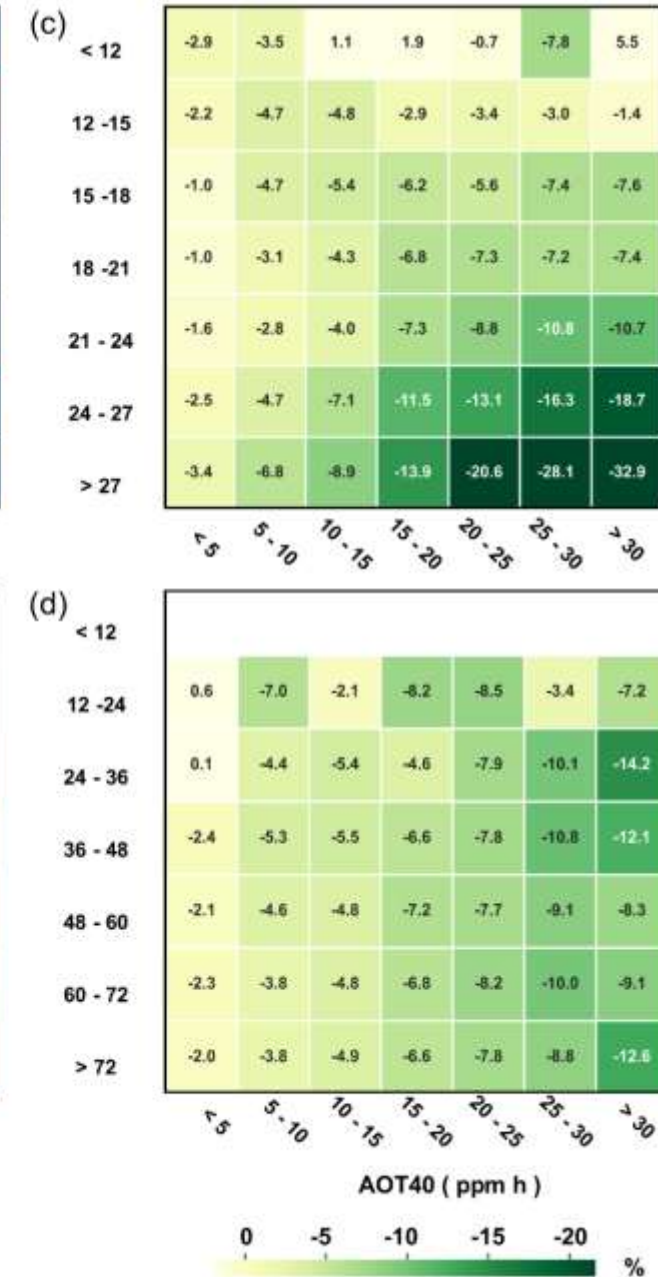
研究结果

- ◆ 将所有县的生长季有效积温 (GDD)、累积降水量 (PRE) 和 AOT40 指数划分为七个梯度来评估不同环境条件下臭氧造成的作物产量损失。
- ◆ 臭氧对玉米产量的影响与积温之间存在**“倒 U 型”** 关系。对于大豆，**较高的累积温度加剧了臭氧引起的产量损失。**
- ◆ 臭氧导致的**玉米产量损失随着降水的增加而增加**，大豆产量损失的趋势不明显。

玉米



大豆



- 过去40年，臭氧导致美国玉米减产3.5%，大豆减产6.1%，作物对臭氧敏感性呈下降趋势；
- 利用 **GTWR 模型**来研究区域尺度的臭氧污染与作物产量之间的关系，有效地捕捉环境变量的**时空异质性**特征，准确反映**大区域尺度**下的臭氧-作物产量响应关系，为臭氧污染的区域风险评估提供了新的思路。

博学 审问 慎思 明辨 笃行

欢迎提问!



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY