

于贵瑞、何念鹏和王秋凤等在中国区域大气氮、磷和酸 沉降研究方面取得新进展

随着中国经济快速发展与能源消耗快速攀升,中国已成为全球氮沉降和酸沉降最重的区域之一;因此,如何科学地评估大气氮沉降、酸沉降及其生态效应一直受到科学家和公众的高度关注。在过去几年中,研究小组采用联网观测与文献数据整合并行的思路,开展了中国区域大气氮、磷和酸沉降通量、时空格局以及影响因素的观测与研究。

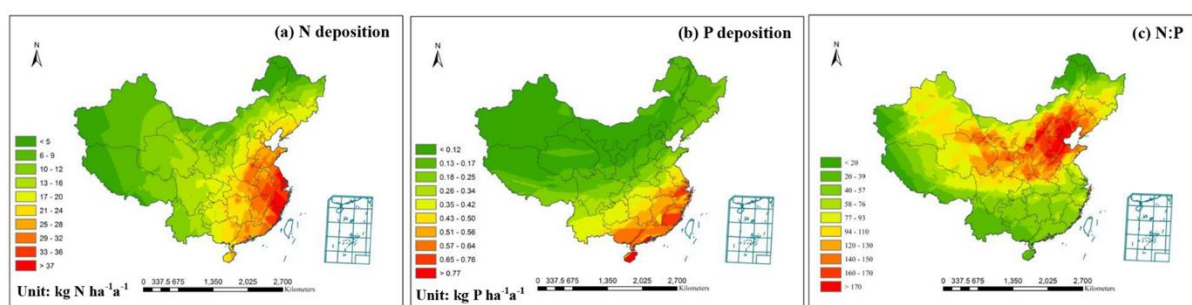
观测从最初的站点(Sheng et al., 2012)、样带(Zhan et al., 2014),逐步拓展成基于 CERN 台站为主的中国典型陆地生态系统大气氮、磷、酸沉降联网观测网络(图 1)。同时,制定了适用于联网观测的技术规范与操作规程,提高了数据的精度和可比性。基于实测数据,研究小组首次在全国尺度定量评估了中国区域大气氮(湿)沉降的组分通量(Zhu et al., 2015; He et al., 2015);并进一步观测了中国区域磷沉降(Zhu et al., 2016a)、酸沉降(Yu et al., 2016)和重金属沉降(Zhu et al., 2016b)。其中,中国大气磷沉降格局是基于实测数据的磷沉降区域格局的全球首次报道。中国区域大气湿沉降中的可溶性氮和磷的年平均沉降量分别为 $13.69 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 和 $0.21 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, 平均 N:P(氮磷比)为 77;基于化学计量学基本理论,首次提出不平衡的氮磷输入可能强化生态系统磷限制效应(Zhu et al., 2016a)。

基于 1980-2010 年公开发表数据的分析表明,大气(湿)氮沉降的全国平均值由 11.11 上升到 $13.87 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$,增加了近 25%;大气(湿)氮沉降从南方地区向西、北方向呈逐渐降低的趋势(Jia et al., 2014)。同时,通过收集全球大气氮干沉降观测数据和 OMI NO_2 柱浓度数据,基于活性氮在大气中的化学转化原理,首次建立了直接利用遥感数据和地面数据评估全球干沉降的方法,并评估了 2005-2014 年全球及中国干沉降通量的空间格局及变化趋势(Jia et al., 2016)。研究结果表明:中国大气氮干沉降的年输入总量为 $7.78 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$;其中, NO_2 、 HNO_3 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 和 NH_3 年沉降通量分别为 0.67、1.15、0.28、0.07、5.61 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 。

基于联网观测数据，中国自然生态系统降水 pH 整体范围在 4.10-8.25 之间，均值为 6.2；硫酸根沉降量均值为 $115.99 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ ；硝酸根沉降量均值为 $32.93 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 。酸沉降程度由北向南逐渐增加，且华南和华中地区酸沉降情况最为严重。此外，自然生态系统酸沉降与社会经济发展密切相关，并受降水量调控 (Yu et al., 2016)。

快速的工业发展和城市化过程使得我们面临着严峻的大气重金属污染问题。联网观测数据显示：不同强度的污染源和影响因素使得站点尺度的重金属湿沉降通量具有较大的分布范围；Pb、Cd 和 Cr 的沉降通量分布范围分别为 $0.06 \sim 5.80 \text{ mg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ， $0.03 \sim 0.95 \text{ mg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ， $0.24 \sim 2.10 \text{ mg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 。此外，大气重金属湿沉降(总量)与土壤重金属含量具有显著的正相关关系 (Pb 和 Cd)，这表明某一地区的人类活动导致的重金属排放可能对于该地区各个部分(大气、水和土壤)都有负面影响。

上述研究获得国家重点基础研究发展计划项目 (2010CB833500)、国家自然科学基金项目 (31290221、31570471)、中国科学院战略性先导科技专项 (XDA05050600) 和中国科学院地理科学与资源研究所可桢杰出青年人才项目 (2013RC102) 等项目的支持。



图：中国大气（湿）氮磷沉降空间分布图

相关论文：

- 1) Zhu JX, Wang QF, He NP, Smith MD, Elser JJ, Du JQ, Yuan GF, Yu GR, Yu Q. 2016. Imbalanced atmospheric nitrogen and phosphorus depositions in China: Implications for nutrient limitation. *Journal of Geophysical Research-Biogeoscience*, 121, doi:10.1002/2016JG003393.(IF = 3.3; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016JG003393/full>)

- 2) Zhu JX, Wang QF, Yu HL, Li ML, He NP. 2016. Heavy metals deposition through rainfall in Chinese natural terrestrial ecosystems: Evidences from national-scale network monitoring. *Chemosphere*, 164: 128-133.(IF = 3.7; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653516311365>)
- 3) Yu HL, He NP, Wang QF, ZhuJX, Xu L, Zhu ZL, Yu GR. 2016. Acid deposition in precipitation of Chinese natural ecosystems: Evidences from national-scale network monitoring. *Journal of Geophysical Research-Atmosphere*, 121, doi: 10.1002/2015JD02441. (IF=3.3; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015JD02441/full>)
- 4) JiaYL, Yu GR, Gao YN, He NP, Wang QF, Jiao CC, Zuo Y. 2016. Global inorganic nitrogen dry deposition inferred from ground- and space-based measurements. *Scientific Reports*, 6:19810. (IF = 5.2; <http://www.nature.com/articles/srep19810>)
- 5) He NP, Zhu JX, Wang QF. 2015. Uncertainty and perspectives in studies of atmospheric nitrogen deposition in China: A response to Liu et al.(2015). *Science of The Total Environment*, 520: 302-304.(IF = 4.0; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715003381>)
- 6) Zhu JX, He NP, Wang QF, Yuan GF, Wen D, Jia YL, Yu GR. 2015. The composition, spatial patterns, and influencing factors of atmospheric nitrogen deposition in Chinese terrestrial ecosystems. *Science of The Total Environment*, 511: 777-785. (IF = 4.0; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714017409>)
- 7) Zhan X, Yu G, He N, Jia B, Zhou M, Wang C, Zhao J, Zhao G, Wang S, Liu Y, Yan J. 2015. Inorganic nitrogen wet deposition: Evidence from the North-South Transect of Eastern China. *Environmental Pollution*, 204: 1-8. (IF = 4.8; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749115001384>)
- 8) Jia YL, Yu GR, He NP, Zhan XY, Fang HJ, Sheng WP, Zuo Y, Zhang D Y, Wang Q F. 2014. Spatial and decadal variations in inorganic nitrogen wet deposition in China induced by human activity. *Scientific Reports*, 4, 3763. (IF = 5.2;http://www.nature.com/articles/srep03763?WT.ec_id=SREP-704-20140121)
- 9) Sheng WP, Yu GR, Jiang CM, Yan JH, Liu YF, Wang SL, Wang B, Zhang JH, Wang CK, Zhou M, Jia BR. 2012. Monitoring nitrogen deposition in typical forest ecosystems along a large transect in China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 833-844. (IF = 1.6; <http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-012-2594-0>)