

5.碳氮过程与可持续发展

机器学习指导全球农田氮减排

徐鹏

天津大学地球系统科学学院

摘要：氮是主要大气污染物之一，对于雾霾的形成起重要作用。农田排放是氮的首要人为源，且主要来自水稻、小麦、玉米三大粮食作物种植。在粮食需求不断增加的压力下削减农田氮排放是全球可持续发展面临的难题之一。受自然与人为因素的综合影响，农田氮排放的强度存在显著的空间差异，尚缺乏全球范围的高分辨率数据，导致全球农田氮排放总量不清、减排潜力不明，阻碍了世界各国的减排工作。本研究收集整理了全球 2775 个站点年（site-year）的氮排放率田间观测数据，成功训练和验证了随机森林机器学习模型，完成历史基准（2018 年）与气候变化情景下的全球高分辨率模拟，产出 5 弧分（约 10 km）网格尺度的全球农田氮排放数据集。研究表明，2018 年，全球水稻、小麦和玉米种植的氮排放总量为 4.3 Tg N，三大作物分别贡献 41%、30%和 29%。这一新估计显著低于以往，主要原因是之前研究未全面、细致考虑肥料管理措施对排放因子的影响。高效肥选用、深施等肥料管理措施具有显著的减排效应，但也受当地气候、土壤、水文、作物类型等多方面因素的复杂影响，凸显因地制宜进行农田肥料管理的重要性。在基准情景下，通过优化农田肥料管理，全球三大作物最高可实现 1.6 Tg N 的减排量（减排 38%），小麦、玉米和水稻分别贡献 26%、27%和 47%的减排量。由于气候变暖，未来农田氮排放将进一步加剧。机器学习模型预测，在 SSP1-2.6 和 SSP5-8.5 排放情景下，2030-2060 年间全球农田氮排放总量将分别增加 4.0%和 5.5%。不过，优化农田肥料管理的减氮潜力仅需兑现 15%即可抵消这部分增量。

关键词：机器学习；全球农田；肥料管理；氮排放；减排潜力